

**Gasanalytische Untersuchungen
des Nabelschnurblutes**

Wolfgang Brech

1962

Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER I. FRAUENKLINIK UND HEBAMMENSCHULE DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Prof. Dr. W. Bickenbach

Gasanalytische Untersuchungen des Nabelschnurblutes

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Wolfgang Brech
aus Schweinfurt am Main

München 1962

AUS DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN UND ZAHNHEILKUNDE DER
UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Dissertation: Tag der W. Bickenbach

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatte: Professor Dr. W. BICKENBACH

Dekan: Professor Dr. W. SEITZ

Tag der mündlichen Prüfung: 26.6.1962



Vorwort	viii
Abkürzungen des Inhaltsverzeichnis	x
Inhaltsverzeichnis	xi

Teil I	
1. Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

MEINEN ELTERN	1
Die Kunst der Kunst	1

GEWIDMET	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1
Die Kunst der Kunst	1

INHALTS ÜBERSICHT

Seite

Einleitung	9
Methode der Blutgasanalyse	9
Material	12

I. Teil:

Die vaginale Geburt

A.	Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefäße unter normalen Geburtsbedingungen bei Luftatmung der Mutter	
	allgemeine Kasuistik	13
	tabellarische Erfassung	14
	die Verhältnisse beim gesunden Erwachsenen	16
	das Blut der Nabelschnurvene	16
	Diskussion der Ergebnisse, Fehlerquellen	17
	entsprechende Werte in der Literatur	17
	das Blut der Nabelschnurarterie	18
	entsprechende Werte in der Literatur	19
	das arterialisierte Blut im fötalen Kreislauf	20
	schematische Darstellung der Ergebnisse	21
	Berechnung des Sauerstoffangebotes	22
B.	Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefäße bei zusätzlicher Sauerstoffapplikation an die Mutter	
	1. Das Problem der Beatmung mit Sauerstoff	22
	2. Sauerstoffatmung bei normalen Geburten	24
	allgemeine Kasuistik	24
	tabellarische Erfassung	25
	Gegenüberstellung der Ergebnisse mit und ohne Sauerstoffatmung	26
	3. Sauerstoffatmung bei komplizierten Geburten	28
	Kasuistik	28
	tabellarische Erfassung der Fälle	31
	Besprechung der Ergebnisse	31
C.	Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefäße bei komplizierten vaginalen Entbindungen	
	1. bei Vakuumextraktion	34

allgemeine Indikation	34
Kasuistik	34
tabellarische Erfassung	36
Besprechung der Ergebnisse	36
2. bei Zangengeburt	37
tabellarische Erfassung	37
Kasuistik	37
3. bei Asphyxie und Cyanose des Kindes	38
tabellarische Erfassung	38
Besprechung der Ergebnisse	39
schematische Darstellung und Berechnung des Sauerstoffangebotes	40
Ergebnisse aus der Literatur	41
D. Die Beziehung des Sauerstoffgehaltes im Blut der Nabelschnur- vene zu den kindlichen Herztönen vor der Geburt	42
E. Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurgefäße und seine Beziehung zum Alter der Mutter	43
F. Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene und seine Beziehung zur Dauer der Austreibungsperiode	46
G. Hämatokrituntersuchungen des Nabelschnurblutes	
im distalen und proximalen Blut der Nabelschnur	47
Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes vom Hämatokritwert	49
H. Über den Kohlendioxydgehalt des fötalen Blutes	
bei normalen Geburten	51
bei asphyktischen Kindern	51
bei Kaiserschnitten	53
II. Teil:	
Sauerstoffanalysen bei Sectio caesarea	
A. Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurgefäße bei Sectio caesarea und normalem Zustand des Kindes (bei mütterlicher Indikation)	
Fehlerquellen	54
Sectio vor Wehenbeginn	54
Kasuistik	54
Besprechung	55

Sectio nach Wehentätigkeit	56
tabellarische Erfassung	57
Kasuistik	57
Besprechung	58
Zusammenfassung aller Kaiserschnitte mit normalem Zustand des Kindes	59
B. Der Sauerstoffgehalt im Blutes der Nabelschnurgefäße bei Kaiserschnitten, die vor allem wegen einer akuten Gefahr für das Kind durchgeführt wurden	
1. Kaiserschnitte bei unregelmässigen kindlichen Herztönen, aber ohne Asphyxie oder Cyanose des Kindes	60
Kasuistik	60
tabellarische Erfassung	62
Besprechung	62
2. Kaiserschnitte, bei denen sich später eine Asphyxie oder Cyanose des Kindes herausgestellt hat	63
Besprechung und Tabelle	63
Kasuistik	64
Vergleich mit der Literatur	65
III. Teil:	
Das Hypoxieproblem	
1. Der Weg des Sauerstoffes in das fötale Blut	68
2. Die Eigenschaften des fötalen und des mütterlichen Blutes	70
3. Der fötale Sauerstoffverbrauch und Stoffwechsel	72
Abschluss	73
Zusammenfassung	74
Anhang: Bestimmung der Fehlerbreite bei der Blutgasuntersuchung durch Leeranalysen	78
Literaturverzeichnis	80

E I N L E I T U N G

Im Jahre 1953 hielt N.J. EASTMAN (13) bei dem "Sixty-fourth Annual Meeting of the American Association of Obstetricians, Gynecologists and Abdominal Surgeons" einen sehr bemerkenswerten Vortrag über das Thema "Mount Everest in utero". "Wenn Sie aufgefordert würden", sagte er, "dem Föten in utero eine optimale Umgebung zu wählen, würden Sie dann zu Bedingungen greifen, unter denen der verfügbare Sauerstoff dem auf dem Gipfel des Mount Everest entspräche? Um die Frage noch schärfer zu stellen: Würden Sie in Ihren verwegensten Träumen für das ungeborene Kind Bedingungen wählen, unter denen der Sauerstoffpartialdruck einer Höhe von $3/4$ Meilen über dem Mount Everest, einer Höhe von 33 000 Fuss (= 10 000 m) entspricht, in der der Sauerstoffpartialdruck nur 44 mm Hg beträgt, und ein kräftiger Erwachsener nur wenige Minuten überleben würde?"

Mit dieser rhetorisch überspitzten, jedoch treffenden Frage kennzeichnete EASTMAN die Relativität einer Betrachtung, die vom Erwachsenen auf das intrauterine Leben schliesst und nicht beachtet, dass diese Hypoxie ein normaler Zustand ist. Das Problem müsste eigentlich mit der Frage umrissen werden, welche Mittel und Einrichtungen es dem Föten erlauben, unter solchen minimalen Bedingungen zu leben und sich zu entwickeln. Doch soll, bevor darauf näher eingegangen wird, der Grad der sogenannten physiologischen Hypoxie unter den verschiedensten Voraussetzungen untersucht werden.

METHODE DER BLUTGASANALYSE

Um eine Blutprobe aus den Gefässen der Nabelschnur zu gewinnen, bedienten wir uns der Methode, die bisher von fast allen Autoren angewendet worden ist. Sobald das Kind geboren war, wurden so rasch wie möglich zwei Klemmen an der Nabelschnur angesetzt, so dass zwischen ihnen ein möglichst grosses Nabelschnursegment gelegen war. Es musste dabei sehr schnell gehandelt werden, da die Klemmen vor dem ersten Atemzug des Kindes angelegt sein mussten. Nun wurden zwei weitere Klemmen neben den ersten beiden angebracht, so dass das gewünschte Segment ausgeschnitten werden konnte. Die Punktion wurde sofort abgeschlossen.

Wir gebrauchten ausschliesslich Ganzglasspritzen, weil ein langer Glaskolben grössere Sicherheit vor der von oben eindringenden Luft gibt. Die Spritzen wurden vor der Punktion paraffiniert, um einen wirklich luftdichten Verschluss zu gewährleisten. Man verwendet am besten Spritzen zu 10 ml.

In die so vorbereiteten Spritzen wurde zunächst, um das Blut ungerinnbar zu machen, etwas Heparin (Liquemin "La Roche") mit einer möglichst grosskalibrigen Nadel gesogen und die Wände damit ringsum benetzt. Das restliche

Heparin wurde mit allen, auch kleinsten Luftperlen wieder entfernt. Heparin ist einem Oxalat oder Citrat als Antikoagulantium vorzuziehen, um möglichst wenig davon mit dem Blute vermischen zu müssen und den Kohlendioxydgehalt nicht zu beeinflussen. Bei der Punktion musste man darauf achten, dass ein Heparintropfen an der Spitze der Kanüle sass, durch den man in das Gefäss einstach; sonst läuft man nämlich Gefahr, kleinste Mengen von Luft mit in die Spritze zu ziehen. Diese anaeroben Bedingungen müssen unter allen Umständen eingehalten werden.

In den meisten Fällen wurde zuerst die Nabelschnurvene punktiert und daraus etwa 5 ccm Blut gewonnen. Schwierigkeiten bereitete manchmal die Punktion der Arterien, da diese klein und kontrahiert sind. Das Blut wird dabei oft schon durch den intravasalen Druck in die Spritze getrieben. Es gelang aber nicht immer, das notwendige Minimum an Blut zu gewinnen (1,5 ccm). Die Spritzen wurden sofort mit einer eigens dazu hergestellten Kappe luftdicht verschlossen und, bis die Analyse vorbereitet war, im Kühlschrank aufbewahrt.

Diese Methode der Entnahme mag für die zu diskutierenden Fragen ein wenig zweifelhaft erscheinen, wenn man bedenkt, welche Strapazen die Passage durch den Geburtskanal für das Kind bedeutet, und dass sicherlich in jedem Falle die Nabelschnurzirkulation durch den von allen Seiten auf das Geburtsobjekt wirkenden Druck zeitweise unterbrochen wird. Die nach dieser Methode gewonnenen Werte können also nicht dem genauen Sauerstoffniveau in utero entsprechen. Vielmehr beziehen sie sich auf den aktuellen Sauerstoffvorrat unmittelbar post partum, bevor das Kind den ersten Atemzug getan hat. Wir werden auf diesen Punkt an späterer Stelle noch einmal zu sprechen kommen (S. 17).

Um die Verhältnisse in utero zu studieren, gewannen wir das nötige Nabelschnursegment auch bei Kaiserschnitten. Dem Kind war also der Geburtsweg erspart. Jedoch handelte es sich hier vielfach um pathologische Geburten.

In der amerikanischen und skandinavischen Literatur ist eine weitere Methode beschrieben, um unter möglichst physiologischen Bedingungen und mit möglichst wenigen Manipulationen am Uterus kindliches Blut schon vor der Geburt zu gewinnen oder wenigstens dessen direkte Sauerstoffquelle, den intervillösen Raum zu erreichen. Vor einer vaginalen Entbindung wird durch die Bauchdecken der Mutter hindurch unterhalb des Nabels mit einer Nadel der Uterus punktiert, um bei anteriorem Sitz der Plazenta Blut aus dem intervillösen Raum und bei posteriorem Sitze Fruchtwasser aus der Amnionhöhle aspirieren zu können. Bei einer Sectio abdominalis wurde die gleiche Punktion unter Sicht durchgeführt (PRYSTOWSKY 34), oder es wurde in die Uteruswand ein kleines Fenster geschnitten, das mit besonderen Instrumenten auseinandergehalten wurde, und die Amnionhöhle vorsichtig eröffnet, so dass möglichst wenig Fruchtwasser abfloss und die Nabelschnur luxiert werden konnte. Nun konnte man in aller Ruhe die Punktion der Gefässe vornehmen, ohne dass das Kind überhaupt angerührt war.

Allein das Eröffnen der Uteruswand und der Amnionhöhle, sowie das Ab-

fließen von Fruchtwasser, die Abkühlung des luxierten Nabelschnursegmentes an der Luft schaffen schon Bedingungen, die nicht mehr physiologisch zu nennen sind. Der Blutstrom in der Nabelschnur dürfte auf jeden Fall verändert sein, wenn auch nur durch eine geringfügige kältebedingte Vasokonstriktion.

So verlockend aber auch die Möglichkeiten dieser Methoden sind, z.B. die Mutter nach Abnahme der ersten Blutprobe ein bestimmtes Gasgemisch atmen zu lassen und nun eine zweite Probe abzunehmen, von dem ärztlichen Standpunkt aus scheint ein solches Vorgehen nicht vertretbar, da der oberste Grundsatz "Nil nocere" dabei nicht immer eingehalten werden kann. Juristisch bedarf es zu diesen Versuchen des Einverständnisses der Patientin, die sich wohl nur sehr ungern als Objekt eines Experimentes hergibt. Aus diesen Gründen haben wir auf diese Methode verzichtet.

Zur Analyse verwendeten wir den von D. van SLYKE und NEILL (47) entwickelten manometrischen Blutgasapparat. Die Methode beruht auf der Vakuumextraktion der zu bestimmenden Gase aus dem Blut mit anschließender selektiver Absorption. Sauerstoff ist im Blut hauptsächlich als Hämoglobinverbindung vorhanden, Kohlendioxyd als Bicarbonat. Bevor man diese Gase exakt extrahieren kann, muss man sie aus diesen Verbindungen frei setzen. BARCROFT und HALDANE (3) führten zu diesem Zweck in die gasometrische Technik für den Sauerstoff das Ferricyanid und für das Kohlendioxyd Weinsäure oder Milchsäure ein. Die Proteinstoffe werden durch diese Chemikalien nicht koaguliert.

Das Blut wird unter streng anaeroben Bedingungen mit einer Lösung aus Kaliumferricyanid, Saponin (zur Hämolyse) und 1% Milchsäure versetzt und die Gase in einer evakuierten Kammer aus der Lösung extrahiert. Der Druck der Gase wird an einem Manometer abgelesen, nachdem ein bestimmtes Volumen (2 ccm) eingestellt worden ist. Nun wird zunächst aus dem Gasgemisch durch Zugabe von Natriumhydroxyd, hergestellt aus 6 ccm einer 18n-Natronlauge auf 100 ccm destillierten Wassers, das Kohlendioxyd absorbiert und die entstandene Druckdifferenz am Manometer gemessen.

Der Sauerstoff wird mit einer Lösung absorbiert, die aus 21 ccm eines Gemisches aus Natriumanthrachinon- β -sulfonat und Natriumdithionosum 1 : 9 und 100 ccm der beschriebenen Natronlauge hergestellt wird. Wieder wird die Druckdifferenz abgelesen. Die Reagentien müssen selbstverständlich luftfrei gewonnen werden. Aus den beiden erhaltenen Werten der Druckdifferenzen kann man mit einem Korrektur- und Umrechnungsfaktor unter Berücksichtigung der Temperatur direkt den Gasgehalt in Volumen pro 100 ccm Blut errechnen (Vol%).

Eine genaue Beschreibung dieser Methode findet sich im "Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden" von Dr. EMIL ABDERHALDEN, Abt. V, Teil 10, Heft 2. Urban und Schwarzenberg Verlag 1934.

Das Blut aus den Nabelschnutgefässen wurde bei 113 Geburten auf seinen Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalt untersucht. Davon wurden 20 Frauen durch Kaiserschnitt, die übrigen 93 auf vaginalem Wege entbunden. Es handelte sich ausschliesslich um Kopflagen.

In 55 Fällen verlief die Geburt normal, ohne Komplikationen von Seiten der Mutter oder des Kindes. Bei weiteren 20 normalen Geburten liessen wir die Mutter reinen Sauerstoff atmen, um die Wirkung dieser Atmung zu überprüfen. 10 Fälle, ebenfalls unter zusätzlicher Sauerstoffatmung der Mutter, verliefen unter Komplikationen von Seiten des Kindes. Sechsmal musste eine Geburt durch eine Vakuumextraktion beendet werden, zweimal mit der Zange. Insgesamt befinden sich unter diesen vaginalen Geburten 10 Kinder, die mit starker Cyanose und Asphyxie geboren wurden.

Von den Kaiserschnitten wurden 4 bei normalen kindlichen Herztönen und vor Wehenbeginn ausgeführt. Bei weiteren 5 Frauen waren schon mehr oder weniger kräftige Wehen vorausgegangen. 7 Kaiserschnitte mussten wegen schlechter kindlicher Herztöne vorgenommen werden und in weiteren 4 Fällen stellte sich eine stärkere Cyanose oder Asphyxie des Kindes heraus.

Im ganzen wurde 225 Blutproben aus den Nabelschnurgefässen punktiert und 381 Analysen auf den Gehalt an Sauerstoff und Kohlendioxyd und die Sauerstoffkapazität ausgeführt. In einer grösseren Anzahl von Fällen wurden Doppelanalysen vorgenommen und, falls diese sich unterschieden, der Mittelwert errechnet. Bei 59 Geburten bestimmten wir auch den Hämatokritwert der aus Nabelschnurvene und Nabelschnurarterie punktierten Blutproben.

DIE VAGINALE GEBURT

A. Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefäße unter normalen Geburtsbedingungen bei Luftatmung der Mutter.

Bei 55 normalen, ohne jede Komplikation verlaufenen Geburten wurde das Blut der Nabelschnurgefäße auf seinen Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalt untersucht. Es handelte sich dabei um 28 Erstgebärende im Alter von (14) - 18 - 31 Jahren, 17 Zweitgebärende zwischen 20 und 33 Jahren und um 7 Mehrgebärende im Alter von 24 bis 34 Jahren. In drei Fällen fehlen die Angaben. Die Patientinnen brachten überwiegend um den errechneten Geburtstermin reife Kinder zur Welt. Nur in den Fällen 10, 28 und 96 fanden sich Zeichen von Überreife. Die Kinder wogen 3650, 2630 bzw. 2830 g. Im Falle 8 bestand bei einer Tragzeit von 44 Wochen und einem Geburtsgewicht von 1900 g eine beträchtliche Pädatrie. In der 43. Woche standen die Schwangerschaften von den Fällen 13 und 98 und in der 45. Woche der Fall 54. Zwischen der 31. und 38. Woche kamen die Kinder bei den Geburten 22, 34, 57, 73, 84, 86, 88, und 91 zur Welt, ohne dass jedoch eine auffallende Überreife zu erkennen war.

Puls, Blutdruck und Urinbefund zeigten bei diesen Frauen keine pathologischen Abweichungen von der Norm. Die kindlichen Herztöne waren durchwegs kräftig und regelmässig zu hören und von normaler Frequenz. Die Geburt selbst ging glatt und ohne Komplikationen von statten. Die Geburtsdauer war nur in einem Fall (78) über 20 Stunden, die Austreibungszeit lag zwischen 5 und 65 Minuten (siehe auch Tabelle XI). Die Kinder wogen zwischen (1900)-2630 und 3750 g. Zur Geburtsleitung wurde in fast allen Fällen als Medikation eines der folgenden Präparate gegeben: Dolantin, Monzal, Avacan, Lofan, Librium, Efosin, Tokorectal, Cyrpon, Atosil oder Spasmacibalg. Als Austrittsnarkose wurde Evipan mit 3 V.E. Orasthin verwendet.

T A B E L L E I

Die Ergebnisse auf den in 55 Fällen mir normalen Geburtsbedingungen punktierten Blutproben. NVO_2 und NAO_2 bedeuten den Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene bzw. Nabelschnurarterie in Vol%. In der Spalte daneben ist jeweils die prozentuale Sättigung angegeben, berechnet nach der Sauerstoffkapazität (O_2 Kap.) des Blutes. Angeführt ist ferner die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz (O_2 Diff.) und der Sauerstoffnutzungskoeffizient (Nutz.).

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
2	4.30	19.0	2.40	10.6	22.69	1.90	44.2
4	6.04	30.0	2.85	13.9	20.56	3.19	52.8
5	9.43	43.6	4.35	20.1	21.61	5.08	53.9
7	--	--	4.59	--	--	--	--
8	8.56	--	7.12	--	--	1.44	16.8
9	14.05	--	--	--	--	--	--
10	6.49	35.9	--	--	18.12	--	--
11	7.05	30.0	--	--	23.41	--	--
12	8.33	39.8	2.54	12.1	20.94	5.79	69.5
13	4.17	18.8	--	--	22.19	--	--
15	13.22	62.8	4.29	20.4	21.04	8.93	67.5
16	11.37	51.6	--	--	22.05	--	--
17	2.88	18.5	2.85	15.3	18.60	0.03	1.0
18	9.14	41.0	4.29	19.2	22.31	4.85	53.1
19	8.08	41.6	--	--	19.35	--	--
20	13.58	59.4	2.07	9.1	22.85	11.51	84.7
22	1.65	8.4	1.23	6.1	20.04	0.42	25.5
23	11.20	52.1	2.75	12.8	21.48	8.45	75.4
26	7.41	28.8	1.78	6.9	25.74	5.63	76.0
27	9.15	50.0	--	--	18.43	--	--
28	8.93	43.0	6.08	29.1	20.86	2.85	31.9
29	13.25	61.9	5.96	27.9	21.39	7.29	55.1
30	2.08	9.9	--	--	21.04	--	--
32	8.17	38.6	3.33	15.7	21.14	4.84	59.2
33	10.29	--	2.37	--	--	7.92	61.1
34	3.16	13.6	2.11	9.1	23.23	1.05	33.2
35	4.83	24.2	2.11	10.6	19.86	2.72	56.3
36	13.93	57.8	2.94	12.2	24.09	10.99	77.1
37	5.73	27.2	--	--	21.09	--	--
38	8.65	43.0	0.90	4.6	20.14	7.75	89.6
39	6.44	25.7	3.69	14.8	25.01	2.75	26.8
42	7.20	36.5	2.05	10.4	19.66	5.15	73.2
43	10.10	44.1	6.51	29.8	21.88	3.59	35.5
44	7.64	31.4	1.79	7.3	24.31	5.85	76.6
45	9.18	--	2.15	--	--	7.03	76.6
47	6.58	29.5	2.53	11.3	22.34	4.05	61.2
48	12.61	55.5	6.98	30.7	22.70	5.63	50.7
49	11.11	51.0	--	--	21.73	--	--
51	8.03	35.4	1.63	7.2	22.67	6.40	79.7
53	11.32	56.3	7.23	35.9	20.11	4.09	36.1

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
54	9.10	42.7	6.60	31.0	21.32	2.50	27.5
55	5.93	33.1	--	--	17.96	--	--
73	8.59	40.7	4.28	20.3	21.13	4.31	50.2
78	12.74	45.9	2.17	7.8	27.74	10.57	83.0
80	8.14	37.2	5.25	24.0	21.91	2.89	35.5
82	8.73	40.6	4.93	22.9	21.51	3.80	43.5
83	6.67	27.3	--	--	24.44	--	--
86	6.68	31.4	4.10	19.3	21.25	2.58	38.6
84	11.59	59.8	5.49	28.3	19.37	6.10	52.6
87	11.38	47.9	3.97	16.7	23.74	7.41	65.1
88	8.26	39.0	3.27	15.4	21.19	4.99	60.4
92	8.30	37.6	5.75	26.0	22.10	2.55	30.7
96	9.19	46.7	5.67	28.8	19.66	3.52	38.3
98	5.99	28.0	1.39	6.5	21.37	4.60	76.8
100	13.83	68.6	6.37	31.6	20.16	7.46	53.9
Mittelwerte							
	8.53	38.8	3.78	17.7	20.38	5.01	53.7

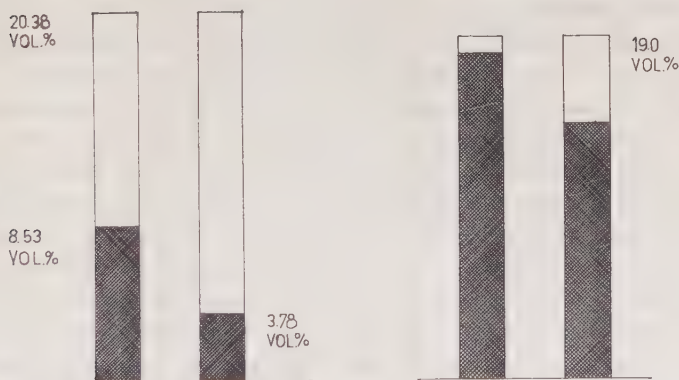


ABBILDUNG 1:

Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurgefäße ist als schwarze Säule in die weiße Säule der Sauerstoffkapazität eingezeichnet. Die beiden linken Säulen zeigen die Verhältnisse beim Föten nach normaler Geburt, die beiden rechten die Verhältnisse beim Erwachsenen zum Vergleich.

Die Ergebnisse bestätigen das bisherige Wissen um den sehr niedrigen Sauerstoffgehalt des arterialisierten Blutes in der Nabelschnur gegenüber den Verhältnissen beim erwachsenen Menschen (Abb. 1). Dort nimmt bei einem Sauerstoffpartialdruck von 105 mm Hg in den Lungenalveolen das Blut 18 - 21 Vol% Sauerstoff auf; das bedeutet einen Partialdruck von 93 mm Hg im arteriellen Blut bei 96 - 97.5 % Sättigung. Das venöse Blut enthält immer noch 12 - 15 Vol% Sauerstoff, was einem Partialdruck von 35 - 40 mm Hg und einer Sättigung zu 65 - 75 % entspricht.

Im fötalen Blute der Nabelschnurvene, also im arterialisierten Blut wurde bei 55 Geburten ein durchschnittlicher Sauerstoffgehalt von 8.53 Vol% gefunden. Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt ± 0.42 . Das Blut ist dabei zu 38.8 ± 1.99 % seiner Kapazität gesättigt. Wie schon früher viele Autoren berichtet haben, schwanken die Ergebnisse bei den einzelnen Fällen sehr. Diese Variationsbreite liegt bei dieser Untersuchungsreihe zwischen 1.65 und 14.05 Vol% und zwischen 8.4 % und 68.6 % Sättigung (Abb. 2). In drei Fällen war das Ergebnis ungewöhnlich niedrig und in einem Bereiche, der sonst nur bei asphyktischen Kindern gefunden wird. Dabei hatte die Austreibungsperiode im Falle 17 60 Minuten und im Falle 30 etwa 40 Minuten gedauert, und es sich im Falle 22 um eine Geburt in der 31. Woche gehandelt.

Woher mag aber dieser weite Spielraum kommen, in dem sich die gemessenen Werte bewegen? Der Fehler liegt zum Teil an der Methode. Um eine Blutprobe

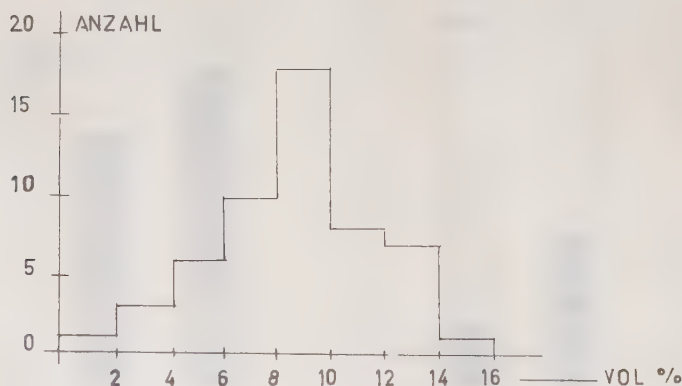


ABBILDUNG 2:

Verteilungsschema des Sauerstoffgehaltes der Nabelschnurvene bei normalen Geburten auf verschiedene Bereiche (waagrecht). Senkrecht: Anzahl der Fälle. Es ist die grosse Streubreite deutlich zu erkennen.

zu gewinnen, muss die Nabelschnur punktiert werden. Diese Punktion setzt immer mehr oder weniger grosse Manipulationen an der Nabelschnur voraus, selbst wenn die Versuche bei Kaiserschnitten angestellt werden. Vom Augenblick des Abklemmens eines Segmentes bis zu der an einem Nebentisch vorgenommenen Punktion verstreicht immer eine geraume Zeit, in der Blutgase durch die Gefässwände hindurchdiffundieren können. Ausserdem scheint sich, wie in einem späteren Kapitel ausführlich beschrieben wird, das Blut in der Nabelschnur zu entmischen, indem sich Plasma und Blutkörperchen von einander trennen.

Dazu kommen bei vaginalen Geburten die mechanischen Belastungen des kindlichen Körpers beim Durchtritt durch den Geburtskanal: Dauer, Stärke und Frequenz der vorausgehenden Wehentätigkeit, die zwischen den Wehen liegenden Erholungspausen - lang anhaltende Kontraktionen des Uterus und ein übermässig hoher Ruhetonus behindern den Zustrom mütterlichen Blutes zur Plazenta -, die Zeit und Kraft, die aufgewendet werden müssen, um das Kind den Geburtsweg passieren zu lassen, dessen Weite und Dehnbarkeit in Bezug auf die Grösse des kindlichen Kopfes und Körpers, die mannigfaltigen Kompressionen, die das Kind bei diesem Akt erleidet und nicht zuletzt den freien Blutstrom durch Plazenta und Nabelschnur behindern und unterdrücken, und besonders, wie lange diese Kompression der Nabelschnur anhält - all diese Faktoren üben einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Aufladung des kindlichen Blutes mit Sauerstoff aus. Ausmass und Festigkeit der Plazentation, vorzeitige Lösungserscheinungen, regressive und degenerative Vorgänge in der Plazenta, Schwankungen in der Funktion der Plazentazotten, Blutdruck, Blutvolumen und Herzfrequenz bei Mutter und Kind, die Grösse der uterinen Gefässe, die sich ja, während die Schwangerschaft fortschreitet, mitentwickeln müssen, die verschiedensten Eigenschaften des Blutes und das Mass, in dem diese ausgeprägt sind (Erythrocytenzahl, Hämoglobin..... s.S. 70), der zwar meist ausreichende Sauerstoffvorrat der Mutter, damit eng zusammenhängend, ihr Atemtypus und vor allem auch Wirkungen von Anästhesie und Analgesie auf Gefässe und Blutzirkulation auf beiden Seiten der Plazenta - ein ganzer Katalog von Einflüssen, der sich beliebig erweitern liesse.

Wie kann man da noch eine annähernde Übereinstimmung der Ergebnisse der einzelnen Autoren erwarten? Einen wirklich physiologischen Sauerstoffwert des kindlichen Blutes unter der Geburt gibt es nicht. Es ist stets dem dynamischen Wechsel seiner Umgebung unterworfen. Die Blutanalysen sind daher nur Momentaufnahmen aus einem grossen Geschehen und Wirken von unzählbaren Komponenten. Aus möglichst vielen Einzelaspekten muss ein Gesamtbild rekonstruiert werden. 8.53 Vol%, der mittlere Sauerstoffgehalt des Blutes in der Vena umbilicalis, bezeichnet nichts anderes als den durchschnittlichen aktuellen Sauerstoffgehalt nach und während der allerletzten Periode der Geburt, d.h. der hier untersuchten Geburten.

Wenn wir die Arbeiten anderer Autoren mit unseren Ergebnissen vergleichen, finden wir einige übereinstimmende Angaben (Tab. II). Besonders SMITH (42):

7.0 Vol%, ROMNEY (37): 8.0 Vol% und PRYSTOWSKY (32): 7.8 Vol% haben annähernd gleiche Werte für das Blut der Nabelschnurvene gefunden. Die Ergebnisse von BIDONE (7): 17.2 Vol% scheinen etwas zu hoch zu liegen. WALKER (51): berichtet 1954 von 10.7 Vol% und 43.8 % Sättigung bei normalen Geburten ohne Narkose.

In der Arterie der Nabelschnur enthält das Blut nur noch 3.78 ± 0.28 Vol% Sauerstoff bei einer Variationsbreite von 0.90 bis 7.12 Vol% (Abb. 3), das heisst, dass dem Blut vom fötalen Gewebe doch immerhin $5.01 \text{ Vol}\% \pm 0.75$ Sauerstoff entzogen wird, mit anderen Worten: Der in der Plazenta aufgenommene Sauerstoff wurde zu $53.7\% \pm 3.31$ genutzt. ROMNEY (37) gibt dafür 56 % an. Das ist ein erstaunlich hoher Prozentsatz, wenn man ihn mit dem Wert beim Erwachsenen vergleicht, dessen Sauerstoffnutzung nur etwa 20 - 30 % beträgt. Auch auf diese Tatsache wird in einem anderen Kapitel noch näher eingegangen (s. S. 71). Hier sei aber schon hervorgehoben, dass dem Föten trotz der hohen Nutzung des Sauerstoffes im zur Plazenta zurückfliessenden Blut noch eine Sauerstoffreserve von 75 % seines Verbrauches bleibt.

Besonders bei diesem Wert des Sauerstoffgehaltes im Blute der Nabelschnurarterie fällt auf, dass er fast überall in der Literatur in der gleichen Grössenordnung angegeben wird (s. Tab. II). Sollte darum nicht er als eigentlicher Vergleichs-

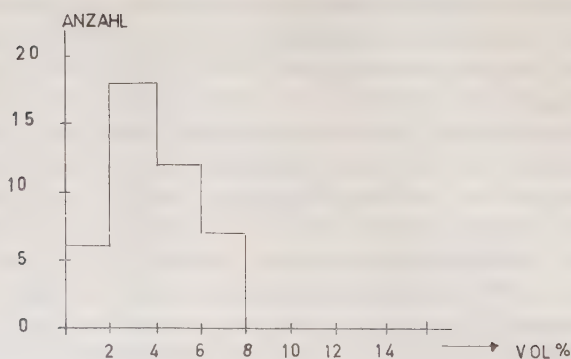


ABBILDUNG 3:

Verteilungsschema des Sauerstoffgehaltes in der Arteria umbilicalis auf die verschiedenen Bereiche bei normalen Geburten. Senkrecht ist die Anzahl der Fälle aufgetragen.

T A B E L L E II

Sauerstoffgehalt in Vol%, Sauerstoffpartialdruck in mm Hg und die prozentuale Sättigung sowie die arteriovenöse Differenz im Blute der Nabelschnurvene und -arterie genommen aus den Arbeiten anderer Autoren.

Name	Vena umb.			Art. umb.			a-v Diff.
	Vol%	mmHg	%Sätt.	Vol%	mmHg	%Sätt.	
Bidone ⁷	14.9			12.6			
Clemetson ⁸			63.2			31.5	
Churchman							
Eastman ¹⁴	10.5	37.5	50.5	3.3		15.8	
Goldbloom ¹⁷	17.2		80.0				
Haselhorst ¹⁸	10.1		45.0	3.4			6.89
Stromberger							
Noguchi ³⁰	10.2		48.0	3.4			
Prystowsky ³²	7.8	18.0	40.0	2.8	8.0	14.3	
Quilligan ³⁵		26.3					
Romney ³⁷	8.0			3.6			4.70
Rooth ³⁸		36.0	61.0				
Sjöstedt ^{40, 41}		30.0			10.0		
Smith ⁴²	12.0		57.0	3.3	(Äthernarkose)		
	7.0		33.0	2.1	(N ₂ O-Narkose)		
Vasicka ⁴⁸		20.7					
Walker ⁵¹	10.7	48.3		4.3		19.6	7.5-8.5
Watts ⁵³			66.0				
Wulf ⁵⁵		28.9			13.7		

wert genommen werden (JAMES (20) 1958). Schliesslich zeigt er den Sauerstoff an, der einem grossen Teil des kindlichen Körpers angeboten wird (s. S. 21) und bei Komplikationen, Asphyxien und dgl. ändert auch er sich nach ihrem Masse. Trotzdem aber wäre eine derartige Untersuchung ohne die Werte des Nabelschnurvenenblutes höchst unvollkommen.

Schon 1930 haben EASTMAN (14) in den Vereinigten Staaten und HASELHORST und STROMBERGER (18) in Deutschland in ihren Arbeiten, die zu den frühesten auf diesem Gebiete gehören, 3.3 bzw. 3.4 Vol% Sauerstoff für das Blut der Nabelschnurarterie angegeben. Die Ergebnisse von NOGUCHI (30): 3.4 Vol%, SMITH (42): 3.3 Vol% und ROMNEY (37): 3.6 Vol% stimmen damit überein. Auch die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz wird in unserem Bereiche angegeben: ROMNEY 4.7 Vol%. Wir werden später noch darauf zurückkommen, dass diese arterio-venöse Differenz fast die gleiche Höhe hat wie beim erwachsenen Menschen (s. S. 22).

Die durchschnittliche Sauerstoffkapazität des fötalen Blutes haben wir aus insgesamt 109 Fällen errechnet und dafür den Wert 21.60 Vol% gefunden, der um 2.70 Vol% höher liegt als beim Erwachsenen (18.90 Vol%) und um 6.20 Vol% höher als bei der schwangeren Frau (15.40 Vol%). Das entspricht ganz dem erhöhten Gehalt des kindlichen Blutes an Hämoglobin.

Versuchen wir nun, das uns sehr minder mit Sauerstoff gesättigt erscheinende Blut auf seinem weiteren Wege zu verfolgen (s. Abb. 4). Kein Teil des kindlichen Körpers erhält sauerstoffreicheres Blut als das der Nabelschnurvene, ja die abdominalen Organe ausser der Leber und die unteren Körperregionen werden sogar mit einem noch weniger Sauerstoff tragenden Blut versorgt, einem Blute nämlich, dessen Oxydationsgrad gleich dem in der Aorta descendens ist. Und kein anderer ist es als dieser, den wir in der Arteria umbilicalis messen.

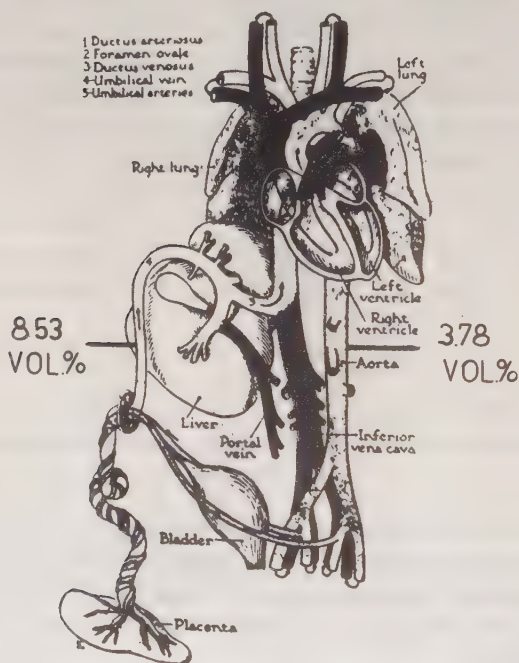


ABBILDUNG 4:

Der fötale Blutkreislauf. Man beachte die venösen Beimischungen zu dem in der Plazenta arterialisierten Blut. Das Bild wurde entnommen aus SMITH C. A. 'Adjustment of blood oxygen levels in neonatal life'. Am. J. Dis. Child. (1942) Bd. 64, S. 843 und die eigenen Ergebnisse eingesetzt.

Es mischen sich nämlich zu dem in der Plazenta arterialisierten Blut drei grosse Ströme venösen Blutes.

1. Der grosse Blutstrom der Vena cava inferior, der das venöse Blut aus den unteren Körperregionen führt. Unter Umgehung der Leber ergiesst sich ja ein grosser Teil des Blutes der Vena umbilicalis durch den Ductus Arantii in die untere grosse Hohlvene.

2. Der übrige Teil des arterialisierten Blutes steht der Leber zur Verfügung und gelangt schliesslich mit dem venösen Blut des Eingeweidetraktes vermischte durch die Lebervenen ebenfalls in die Vena cava inferior. Dieses Mischblut wird vom rechten Vorhof aus direkt durch das Foramen ovale in den linken Vorhof geleitet, um über den linken Ventrikel in den grossen Kreislauf geworfen zu werden.

3. Schliesslich mischt sich zu diesem Blut noch der venöse Abfluss der oberen Regionen des Körpers aus der Vena cava superior, zum kleineren Teil schon aus den Lungen kommend im linken Ventrikel des Herzens, zum grösseren Teil aber erst nach Abgang der Coronararterien und der Arterien für die Gehirnversorgung durch den Ductus arteriosus Botalli.

Die Organe, die aus der Aorta descendens versorgt werden, erhalten also nur 3.78 ccm Sauerstoff pro 100 ccm Blut, was einer durchschnittlichen Sauerstoffsättigung zu 17.7 % entspricht. Das Gehirn und das Herz freilich und die übrigen Körperpartien, besonders aber die Leber, erhalten höher gesättigtes Blut, die Leber als das zentrale Stoffwechselorgan des Körpers, das Herz, das als einziges Organ in utero die gleiche Dauerleistung vollbringen muss wie post partum, und das Gehirn, das einen Sauerstoffentzug noch viel weniger vertragen kann als im späteren extrauterinen Leben (HENDERSON, YANDELL 56). Immerhin ist aber das Blut für Gehirn und Herz gegenüber dem für die Leber ein Blut zweiter Qualität.

An Hand eines einfachen Schemas wollen wir versuchen, die von uns gefundenen Verhältnisse des fötalen Sauerstoffhaushaltes zu veranschaulichen.

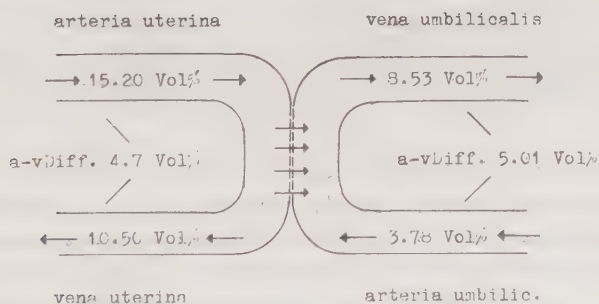


ABBILDUNG 5:

Schematische Darstellung des Sauerstofftransportes von Mutter zu Kind mit Angabe des Sauerstoffgehaltes in den einzelnen Gefässen und der arterio-venösen Sauerstoffdifferenz. Nach ROMNEY (37)

Die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz ist auf mütterlicher und kindlicher Seite ungefähr gleich (SMITH 42). In Übereinstimmung mit dem Fick'schen Prinzip scheint das Volumen des fötalen Blutstromes zur Plazenta annähernd dem Blutvolumen gleich zu sein, das durch die Arteria uterina der Plazenta zufließt. Je 100 ccm Blut werden also auf beiden Seiten der Plazenta 5.01 (SMITH: 7.0, ROMNEY: 4, 7) Vol% Sauerstoff von der Mutter auf das Kind übertragen. In einer Minute strömt zum Uterus während der letzten Monate einer normalen Schwangerschaft 12.2 bis 18.5 ccm Blut pro 100 g des gesamten Uterus. Veranschlagt man nun das Gewicht des Uterus, des Föten und des Fruchtwassers zu 5 kg, so beträgt der gesamte Blutstrom zur Gebärmutter in der Minute 750 ccm (ASSALI 2), nach BROWN MC CLURE (24) 600 ccm, und nach METCALFE (28) 500 ccm. Dem Föten mit einem Gewicht von 3 bis 3.5 kg würde somit der Sauerstoff aus rund 450 - 500 ccm Blut übertragen werden. Bei einer arterio-venösen Sauerstoffdifferenz von 5 Vol% stünden ihm also in der Minute 22 bis 25 ccm Sauerstoff zur Verfügung.

Zu einem ähnlichen Ergebnis gelangt man nach den Berechnungen von ROMNEY (37), der 7 ccm Sauerstoff pro Minute und pro Kilogramm nennt, oder von VILLEE (49) bei 5 ccm Sauerstoff pro Minute und pro Kilogramm fötalen Gewebes.

Das sind also etwas mehr als 8 % des vom Erwachsenen in den Lungen aufgenommenen Sauerstoffs (300 ccm). Extreme Variationsbreiten werden jedoch in allen Arbeiten eingeräumt, was nicht zuletzt von den Unsicherheitsfaktoren kommen mag, mit denen derartige Berechnungen behaftet sind. Der eigentliche Wert mag eher etwas höher liegen als der gefundene, da der Fötus wegen seiner Fähigkeit, in solch hohem Masse den Sauerstoff zu nutzen, einem gegebenen Blutvolumen mehr Sauerstoff entziehen wird als der Uterus selbst.

B. Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefäße bei zusätzlicher Sauerstoffapplikation an die Mutter vor der Geburt.

1. Das Problem der Beatmung mit Sauerstoff

Hypoxie ist die grösste Gefahr, der der Fötus in utero ausgeliefert ist. Bei Todesfällen neugeborener Kinder, sowie bei Totgeburten wurde durch autopsische Untersuchungen als häufigste Todesursache Anoxie gefunden. E.L. POTTER (31) nennt sie in 40 % aller Todesfälle als Ursache, gleichgültig, ob es sich um frühgeborene oder ausgetragene Kinder handelte. Von 954 Autopsien waren 25.2 % vor dem Geburtsbeginn, 40 % während der Geburt und 19.1 % nach der Geburt gestorben. Es gehört zu den wesentlichsten Aufgaben des Geburtshelfers, diesen Sauerstoffmangel möglichst schon in seinem Beginn zu erkennen und zu verhüten.

In amerikanischen Zeitschriften hat man wiederholt gefordert, zu diesem

Zwecke jede Gebärende von vornherein mit reinem Sauerstoff zu beatmen (LUND 22; EASTMAN 15). Besonders EASTMAN empfahl dies als allgemeine Massnahme bei jeder Entbindung. Er stützte sich auf das Gefühl, der Sauerstofftransport zum Föten müsse dadurch erhöht werden, und auf Ergebnisse, die einen erhöhten Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene durch längere Sauerstoffatmung der Mutter zeigten.

Prystowsky ³⁴	18.1 → 31.7 mm Hg	= 75 % Anstieg
Vasicka ⁴⁸	20.7 → 30.7 mm Hg	= 53 % "
Quilligan ³⁵	26.3 → 33.8 mm Hg	= 29 % "
Wulf ⁵⁵	28.0 → 44.0 mm Hg	
	65 % Sätt. → 75 % Sätt.	
Mc Clure ²⁴		= 33 % "

Literaturangaben des Sauerstoffpartialdruckes vor und nach 100 % Sauerstoffatmung der Mutter und der prozentuale Anstieg.

Die Interpretation derartiger Ergebnisse stösst aber auf verschiedene Schwierigkeiten: 1. wurden Sauerstoffwerte von der gleichen Höhe auch in Fällen gefunden, bei denen kein Sauerstoff gegeben worden war; 2. sind die Sauerstoffwerte der Nabelschnurvene allein nicht unbedingt ein absolutes Mass für die fötale Sauerstoffversorgung (PRYSTOWSKY 34). Wir haben auf diese Faktoren, die die Werte beeinflussen bereits hingewiesen (s. S. 16). 3. steigt die Sauerstoffsättigung des mütterlichen arteriellen Blutes durch die Atmung reinen Sauerstoffes nur von 97.5 auf 100 % an (CREHAN 10), so dass also vorher und nachher ein wirklich ausreichendes Sauerstoffangebot vorhanden sein muss.

Wesentlicher erscheint uns dabei jedoch die Zunahme des physikalisch im Plasma gelösten Sauerstoffes zu sein. Dieser ist ja gewissermassen die Brücke, über die der in den Erythrocyten gestapelte Sauerstoff an das fötale Blut abgegeben wird. Normalerweise beträgt er 0.2 Vol%, stellt also nur einen verhältnismässig geringen Anteil des gesamten Sauerstoffes dar. Bei Atmung von reinem Sauerstoff lässt sich ein Spiegel von etwa fünffacher Höhe, also circa 1.0 Vol% erreichen (DÖRING 12). Es ist damit aber noch immer nicht gesagt, dass diese Höhe für das Sauerstoffdiffusionsgefälle zum Föten aufrecht erhalten und nicht sogleich verbraucht wird, dass also der Entzug des physikalisch gelösten Sauerstoffes aus dem mütterlichen Blut rascher geschieht als der Nachschub, der ja auch in diesem Falle aus den mütterlichen Erythrocyten und - eine Stufe höher - aus der Lunge kommen muss.

Das Mehr oder Weniger an Sauerstoff, der dem Föten zur Verfügung steht, scheint nicht so sehr von dem Grad der Sauerstoffsättigung des mütterlichen Arterienblutes abzuhängen, sofern eine bestimmte Grenze nicht unterschritten wird, als von dem Blutvolumen, das in der Minute die Plazenta durchfliesst. Die Sätti-

gung ist dann nämlich im mütterlichen Blut immer weitaus höher als im kindlichen, und das Problem dürfte sich vom Diffusionsgefälle als mit und ohne zusätzlicher Sauerstoffatmung ausreichender Grösse nach dem Minutenvolumen unterscheiden.

Ein wirkliches Urteil über den Wert oder Unwert dieser Sauerstoffatmung wird man aber erst abgeben können, wenn man neben normalen auch pathologische Geburten, d. h. Geburten mit tatsächlich vorher diagnostizierter Hypoxie des Kindes, bei denen dann Sauerstoff appliziert wurde, untersucht hat.

2. Sauerstoffatmung bei normalen Geburten.

Wir haben in 31 Fällen die empfohlene zusätzliche Applikation von reinem Sauerstoff erprobt. Dabei atmeten die Patientinnen aus einer Maske, die mit einem Sauerstoffapparat verbunden war, 10 bis 25 Minuten lang vor der Entbindung möglichst auch während der Wehentätigkeit und der Austreibungsperiode reinen Sauerstoff. Die meisten Frauen kamen der Aufforderung nach, dabei in tiefen Zügen zu atmen.

20 Geburten verliefen ohne irgendwelche Komplikationen. Es handelte sich um 13 Erst-, 2 Zweit- und 5 Mehrgebärende im Alter zwischen 19 und 40 Jahren. Der Fall 59 war eine 40jährige Erstgebärende. Die Entwicklung des kindlichen Körpers aus dem Geburtskanal bereitete keine besonderen Schwierigkeiten, die Herztöne liessen sich als laut und regelmässig verfolgen. Das Kind kam frisch zur Welt, schrie sofort und zeigte weder Asphyxie noch Cyanose. Die Austreibungszeit lag zwischen 5 und 55 Minuten, die Eröffnungsperiode zwischen 2 (Fall 77) und 30 (Fall 67) Stunden. Im Falle 89 dauerte sie 16 3/4 Stunden. Das Geburtsgewicht bewegte sich zwischen 2800 und 4050 g. Praemedikation und Austrittsnarkose wurden in der üblichen Weise verabreicht.

Diese Fälle lassen sich also ohne weiteres mit den in Tabelle I zusammengestellten vergleichen. Dort hatten wir bei Atmung von Zimmerluft, also nur 21 % Sauerstoff, einen durchschnittlichen Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene von 8.53 Vol% erhalten. Das Blut war zu 38.8 % seiner Kapazität mit Sauerstoff aufgeladen.

T A B E L L E III

Die Ergebnisse bei 20 Fällen mit normalen Geburtsbedingungen und "prophylaktischer" Applikation von 100 % Sauerstoff. Angegeben sind: der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene und -arterie in Vol% (NVO₂ bzw. NAO₂), daneben jeweils die prozentuale Sättigung, die Sauerstoffkapazität, Sauerstoffdifferenz in Vol% und der Sauerstoffnutzungskoeffizient.

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
41	12.24	55.7	--	--	21.99	--	--
56	10.81	50.6	--	--	21.38	--	--
57	7.38	35.4	3.11	14.9	20.89	4.27	57.9
59	6.36	29.6	2.82	13.1	21.46	3.54	55.7
61	7.76	41.9	3.12	16.8	18.53	4.64	59.8
62	7.25	34.4	4.74	22.5	21.06	2.51	34.6
64	13.62	53.5	2.24	8.8	25.48	11.38	83.6
65	9.02	--	4.09	--	--	4.93	54.7
66	8.00	38.5	2.20	10.6	20.78	5.80	72.5
67	10.79	51.0	5.46	25.8	21.14	5.33	49.4
68	8.33	36.4	4.16	18.2	22.89	4.17	50.1
69	8.63	42.7	3.37	17.2	20.21	5.16	59.8
70	7.35	34.1	--	--	22.33	--	--
71	5.00	19.6	2.25	8.8	25.56	2.75	55.0
74	18.90	87.1	4.22	18.6	22.63	14.68	77.7
75	10.22	45.2	--	--	22.55	--	--
77	10.71	53.7	6.68	33.5	19.94	4.04	37.6
89	2.36	12.3	1.19	6.2	19.15	1.17	49.6
97	8.29	35.6	2.52	10.8	23.29	5.77	69.6
99	14.15	60.3	8.38	35.7	23.47	5.77	40.8
Mittelwerte							
	9.36	43.0	3.79	17.4	21.82	5.37	56.8

Die in dieser neuen Gruppe aufgezählten Ergebnisse nach 100 % Sauerstoffatmung zeigen etwas höhere Werte als bei Luftatmung, nämlich 9.36 ± 0.49 Vol% (Standardabweichung des Mittelwertes) bei 43.0 ± 2.28 % Sättigung des Blutes der Nabelschnurvene. Das Blut der Nabelschnurarterie ist dagegen bei einem durchschnittlichen Sauerstoffgehalt von 3.79 ± 0.46 Vol% nur zu 17.4 ± 2.29 % gesättigt, das sind 1.7 % weniger als beim entsprechenden Blut ohne Sauerstoffatmung. Die arterio-venöse Differenz liegt mit 5.37 ± 0.96 Vol% um 0.36 Vol%, der Sauerstoffnutzungskoeffizient um 3.1 höher als bei der Vergleichsreihe ohne Sauerstoffatmung. Im Falle 89 allerdings haben wir einen ungewöhnlich niedrigen, im

pathologischen Bereiche liegenden Wert erhalten, obwohl die Patientin sehr kräftig den Sauerstoff aus der Maske atmete.

In der folgenden Tabelle IV sind die Ergebnisse aus diesen beiden grossen Gruppen mit und ohne Sauerstoffatmung noch einmal gegenübergestellt.

T A B E L L E IV

	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Diff.	Nutz.
ohne O ₂ -Atmung	8.53	38.8	3.78	17.7	5.01	53.7
mit O ₂ -Atmung	9.36	43.0	3.79	17.4	5.37	56.8

Auf den ersten flüchtigen Blick hin könnte man meinen, die Forderung einer Sauerstoffgabe würde auch hier bestätigt. Es unterscheiden sich jedoch nur die Werte des Nabelschnurvenenblutes und der Nutzungskoeffizient in geringer Weise, die keinesfalls statistisch signifikant ist. Bei den amerikanischen und skandinavischen Autoren wird der Unterschied hoher angegeben (S. 23), was zum Teil daran liegen mag, dass die Ergebnisse bei Kaiserschnitten gewonnen worden sind, bei denen jeweils eine Blutprobe vor und nach der Sauerstoffapplikation punktiert wurde. Einige Vorbehalte dagegen sind bereits genannt worden. Den grössten Einwand kann man aber erst erheben, wenn die Geburten besprochen sind, die trotz Sauerstoffatmung der Mutter unter Komplikationen verlaufen sind.

Die Wahrscheinlichkeit, dass zwischen diesen beiden Gruppen der Tabelle IV für den Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene und seine prozentuale Sättigung ein wirklicher, nicht nur ein zufälliger Unterschied besteht, ist sehr gering, nämlich nur 5 : 1 ($p=0.2$). Für die übrigen Werte ist eine statistische Berechnung indiskutabel.

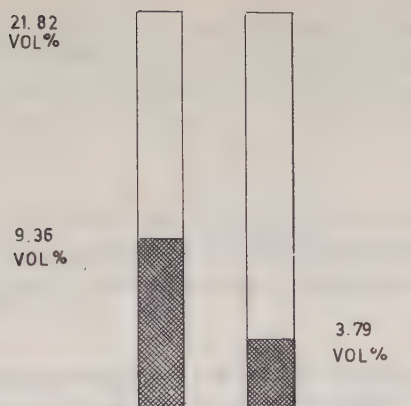


ABBILDUNG 6:

Das Verhältnis der Sauerstoffkapazität (weisse Säule) zum gefundenen Sauerstoff (schwarz) in der Vene (links) und Arterie (rechts) der Nabelschnur bei Sauerstoffatmung unter normaler Geburt. Vergl. Abb. 1.

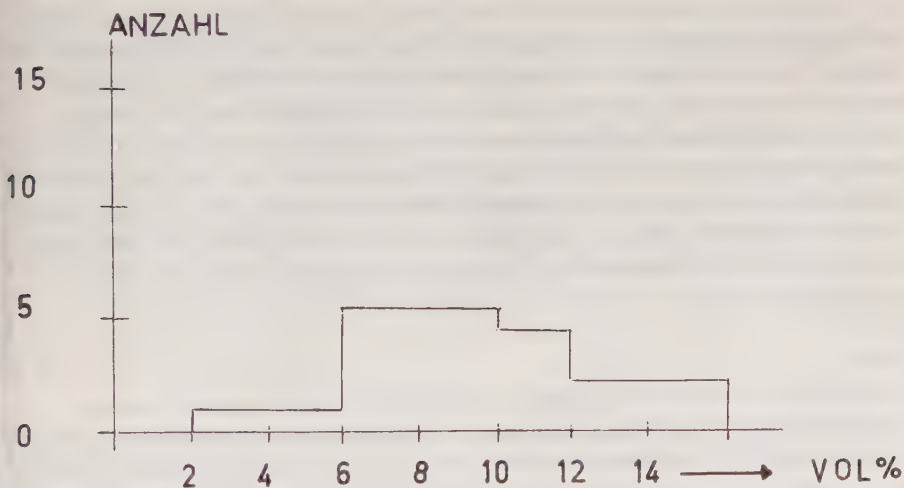


ABBILDUNG 7:

Bei den normalen Fällen mit zusätzlicher Sauerstoffatmung der Mutter ist die Streubreite um einen Mittelwert nicht so ausgeprägt wie ohne Sauerstoffatmung. Man erkennt im Verteilungsschema einen breiten Gipfel, in dem sich die Werte zentrieren. Senkrecht die Anzahl der Fälle, nach steigendem Sauerstoffgehalt (waagrecht) des Nabelschnurvenenblutes geordnet.

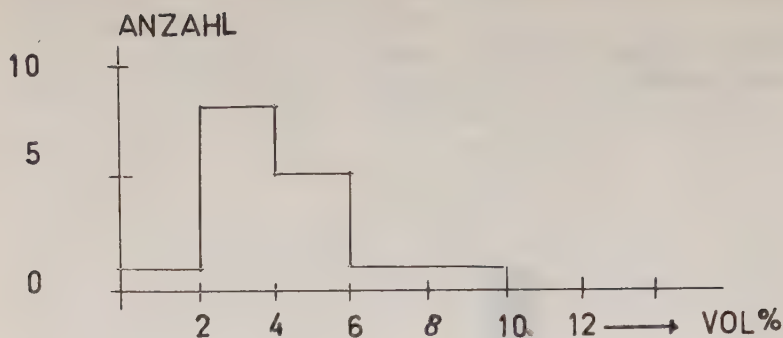


ABBILDUNG 8:

Verteilungsschema des Sauerstoffgehaltes im Nabelschnurarterienblut auf einzelne Bereiche (waagrecht). Senkrecht ist die Anzahl der Fälle angetragen. Normale Geburten mit Sauerstoffatmung der Mutter.

3. Sauerstoffatmung bei komplizierten Geburten

Die Sauerstoffatmung vor und unter der Geburt soll einer zu starken kindlichen Hypoxie vorbeugen. Wir haben eine ganze Reihe von Fällen untersucht, bei denen wir nach den äusseren Zeichen einen kindlichen intrauterinen Sauerstoffmangel feststellen konnten. Die Herztöne wurden unregelmässig und langsam, oder es zeigte sich ein grün verfärbtes Fruchtwasser. Nach der Geburt stellte sich zum Teil eine Asphyxie oder Cyanose des Kindes heraus. Und das sind gerade die Ereignisse, die mit der Sauerstoffatmung vermieden werden sollen. Diese Gruppe umfasst 10 Geburten und ist in der Tabelle V zusammengestellt. Um den einzelnen Fall besser charakterisieren zu können, sei eine kurze Kasuistik vorausgeschickt.

Fall 50:

Es handelt sich um eine 39-jährige Zweitgebärende. Der Blutdruck betrug 155/70 mm Hg, Puls, Temperatur und Urin zeigten keinen pathologischen Befund. Die Eröffnung der Geburtswege dauerte etwas über 3 Stunden. Die Wehen waren kräftig. Nach kurzem Abfallen auf 96 stiegen die kindlichen Herztöne wieder auf 124 Schläge in der Minute an. Die Entwicklung des Kopfes bereitete einige Schwierigkeiten und ging sehr langsam vor sich. Die Patientin atmete 15 Minuten lang aus der Maske reinen Sauerstoff, bis der Kopf des Kindes über den Damm geboren wurde.

Fall 52:

Diese 20-jährige Erstgebärende atmete sehr schlecht. 20 Minuten lang erhielt sie dann die Maske mit dem Sauerstoff. Die Herztöne waren mit 120 pro Minute schlecht und das Kind wurde unter starkem Kristeller'schen Handgriff geboren. Es war cyanotisch, atmete aber bald kräftig.

Fall 60:

Die 39-jährige zweitgebärende Patientin erhielt länger als 30 Minuten auch beim Pressen reinen Sauerstoff zu atmen. Die Austreibungsperiode dauerte nur 10 Minuten. Das Kind war nicht sehr frisch, erholte sich aber rasch.

Fall 72:

Das Kind der 34-jährigen III-Para wurde in der 42. Woche mit Zeichen der Überreife geboren und war leicht cyanotisch. Es schrie jedoch sofort und erholte sich gut. Die Eröffnungsperiode hatte 15 1/4 Stunden, die Austreibung nur 5 Minuten gedauert. Die Herztöne waren unauffällig. Sauerstoff wurde 5 Minuten lang vor der Geburt gegeben.

Fall 76:

Bei dieser Patientin wurde nach 3 1/2-stündigen kräftigen Wehen, als die Herztöne des Kindes auf 168 anstiegen und plötzlich wieder auf 100 pro Minute fielen, die Geburt durch eine Vakuumextraktion beendet. Es handelte sich um die 38. Schwangerschaftswoche bei einer diabetischen Mutter. Die Patientin atmete etwa 15 Minuten lang aus einer Maske reinen Sauerstoff. Bei der Extraktion des Kindes wurde jedoch die Maske beiseite gelegt. Als der Kopf geboren wurde, erhielt die Frau einen kurzen Chloräthylrausch. Die Entwicklung der Schulter gestaltete sich besonders schwierig und langdauernd, so dass das Kind ziemlich cyanotisch zur Welt kam. Das Gewicht betrug 3930 g bei 52 cm Körperlänge. Das Fruchtwasser war grün verfärbt. Der Hämatokrit betrug 48 % für das Nabelschnurvenenblut und 53 % für das Nabelschnurarterienblut.

Fall 81:

Es handelte sich um das erste Kind einer 24 Jahre alten Patientin. Nach 6 1/4 stündiger Eröffnungsperiode und 20 Minuten während der Austreibungszeit wurde das Kind unter kräftigen Wehen mit starker Cyanose und grün-schmierigem Fruchtwasser geboren. Es wog 2570 g und war 49 cm lang. Die Herztöne waren etwas unregelmässig gewesen. Die Patientin hatte 15 Minuten lang, bis das Kind geboren war, ununterbrochen reinen Sauerstoff geatmet.

Fall 90:

Auch in diesem Falle konnte das Kind nur mit sehr starkem Kristeller'schen Handgriff geboren werden, nachdem sich die Austreibungsperiode schon über 35 Minuten

hingezogen hatte. Die Patientin, eine 20-jährige Erstgebärende, hatte 20 Minuten lang auch während des Pressens reinen Sauerstoff geatmet. Die Herztöne zeigten keine Unregelmässigkeiten. Die Eröffnungsperiode hatte 14 1/2 Stunden gedauert. Das Kind wog 3180 g.

Fall 91:

Die 23-jährige Erstgebärende stand in der 36. Woche der Schwangerschaft. Die Eröffnung des Geburtskanals dauerte über 6 Stunden, die Austreibungsperiode 20 Minuten. Nach Damminfiltration und ausgedehnter Episiotomie konnte das nicht ganz reife Kind nur mit starkem Kristeller'schen Handgriff und langsam entwickelt werden. Es wog 2260 g bei einer Körperlänge von 46 cm, war schwächlich, aber nicht cyanotisch und nicht asphyktisch. Die Sauerstoffatmung erstreckte sich über 10 - 12 Minuten.

Fall 94:

Bei der 19-jährigen Patientin lag eine komplikationslose Entbindung mit einer Eröffnungsperiode von 14 Std. und einer Austreibungsperiode von 15 Minuten vor. Nur die Entwicklung des etwas grossen Kopfes bereitete einige Schwierigkeiten. Die Herztöne lagen um 116 Schläge in der Minute. Das Kind war reif, nicht cyanotisch oder asphyktisch und wog 3600 g. Während der letzten 15 Min. antepartum atmete die Patientin ununterbrochen reinen Sauerstoff.

Fall 24:

Die 24-jährige Zweitgebärende hatte eine Eröffnungsperiode von 5 Stunden. Die Austreibungszeit betrug nach 2 1/2 stündigen kräftigen Wehen 5 Minuten. Die Herztöne des Kindes sanken auf 100 Schläge pro Minute ab. Das Kind liess sich leicht und ohne Mühe entwickeln. Dabei zeigte es sich, dass die Nabelschnur um den Hals geschlungen war. Es bestand eine Cyanose. Das Geburtsgewicht betrug 3280 g, die Körpergrösse 53 cm. Die Mutter hatte 10 Minuten lang vor der Geburt reinen Sauerstoff geatmet.

T A B E L L E V

Die Ergebnisse bei 10 Geburten mit schlechten kindlichen Herztönen, verzögerter Entwicklung des Kindes oder Cyanose, bei denen die Patientin vor der Geburt reinen Sauerstoff atmete. Angegeben sind: der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene und -arterie in Vol% (NVO_2 bzw. NAO_2), daneben jeweils die prozentuale Sättigung des Blutes, die Sauerstoffkapazität ($\text{O}_2\text{Kap.}$) und der Sauerstoffnutzungs-koeffizient (Nutz.), sowie die a-v-Differenz.

Fall	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	$\text{O}_2\text{Kap.}$	$\text{O}_2\text{Diff.}$	Nutz.
50	3.81	19.8	2.71	14.1	19.25	1.10	28.8
52	0.64	2.5	0.22	0.9	24.99	0.42	65.6
60	3.17	13.3	--	--	23.84	--	--
72	6.83	33.2	--	--	20.58	--	--
76	5.71	26.2	1.25	5.7	21.81	4.46	78.1
81	1.13	4.6	0.64	2.6	24.62	0.49	43.4
90	1.95	8.2	0.56	2.3	23.89	1.39	71.3
91	3.13	12.5	0.81	3.2	25.10	2.32	74.1
94	8.50	42.4	5.11	25.0	20.06	2.39	28.1
24	2.32	10.2	1.59	7.0	22.72	0.73	31.5
Mittelwerte							
	3.72	17.3	1.61	7.6	22.69	1.66	52.6

Die Sauerstoffwerte der Tabelle V sind enttäuschend. Trotz intensiver Sauerstoffatmung vor der Geburt liegen sie zum Teil extrem niedrig. Das arterialisierte Blut zeigt einen durchschnittlichen Sauerstoffgehalt von nur 3.72 Vol% und eine Sättigung zu nur 17.3 % (Abb. 9), bei einer Variationsbreite zwischen 2.5 und 42.4 % (Abb. 10). Die Standardabweichung des Mittelwertes beträgt ± 0.83 Vol% bzw. ± 3.16 %. Das ist ein Ergebnis, wie es bei normalen Fällen im Blut der Nabelschnurarterie gefunden wird. Entsprechend niedrig ist die arterio-venöse Differenz, obwohl das Blut in seinem Sauerstoffgehalt immerhin zu 52.6 % ausgenutzt worden ist. Der Nutzungskoeffizient liegt also verglichen mit dem niedrigen Sauerstoffgehalt des Blutes relativ hoch. In einigen Fällen war das Blut der Arteria umbilicalis fast sauerstofffrei.

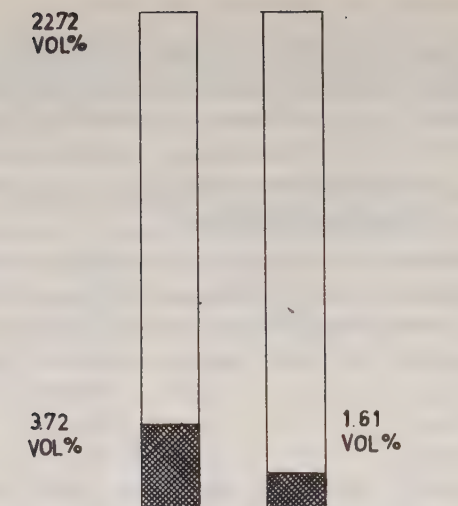


ABBILDUNG 9:

Die O₂ Kapazität (weisse Säule) und der O₂ Gehalt (schwarze Säule) der Nabelschnurvene und Nabelschnurarterie bei komplizierten Geburten mit Sauerstoffatmung.

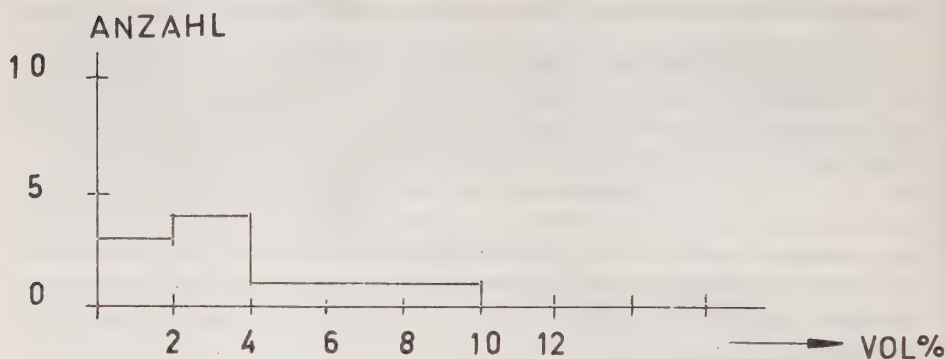


ABBILDUNG 10:

veranschaulicht, wie sich der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene bei komplizierten Geburten mit Sauerstoffatmung auf die verschiedenen Bereiche (waagrecht) verteilt. Auf der Senkrechten ist die Anzahl der Fälle aufgetragen.

In einer ganzen Anzahl von Fällen war also trotz intensiver Sauerstoffatmung der Patientin der Sauerstoffspiegel des arterialisierten fötalen Blutes ungewöhnlich niedrig. Wo bleibt da aber der Sinn der geforderten Sauerstoffgabe?

Wenn wir auf einige Fälle näher eingehen, können wir unsere Kritik noch deutlicher zeigen. Im Falle 52, dessen Kasuistik wir bereits gegeben haben, fielen die kindlichen Herztöne stark ab. Sie wurden unregelmässig und stolpemd. Wir vermuteten, es könne an der schlechten und stossweisen Atmung der Patientin liegen. Daher hielten wir sie an, aus der gereichten Maske tief den reinen Sauerstoff zu atmen, was sie auch 20 Minuten vor der Geburt tat. Man hatte den Eindruck, die Herztöne würden sich wieder erholen. Das Kind wurde nach starkem Kristeller'schen Griff mit einer Nabelschnurschlinge um den Hals geboren. Die Blutgasanalyse zeigte einen Sauerstoffgehalt von nur 0.64 Vol% im Blut der Nabelschnurvene, einen wirklich extrem niedrigen Wert. Das entspricht einer Sättigung von nur 2.5 % der Kapazität. Das Blut der Nabelschnurarterie war mit 0.22 Vol% nahezu frei von Sauerstoff. Selbstverständlich hatte das Kind eine beträchtliche Cyanose.

Oder nehmen wir den Fall 81. Die etwas korpulente Patientin atmete auf unsere Aufforderung hin sehr kräftig 15 Minuten lang den Sauerstoff aus der Maske ohne Unterbrechungen, auch während das Kind entwickelt wurde. Das Fruchtwasser war schmierig-grün, mit schwärzlichen Massen durchsetzt, das Kind stark cyanotisch. Die Sauerstoffwerte betrugen nur 1.33 Vol% im Blute der Nabelschnurvene und 0.64 Vol% im Blut der Nabelschnurarterie.

Ein ähnlicher Fall liegt bei Nr. 90 vor. Wieder atmete die Patientin 20 Minuten lang sehr kräftig den Sauerstoff. Die Austreibungsperiode erstreckte sich über 35 Minuten. Und wieder enthielt das Blut der Vena umbilicalis nur 1.95 Vol% Sauerstoff, und das Blut der Arterie 0.56 Vol%. Das entspricht einer Sättigung zu 8.2 bzw. 2.3 % der Kapazität. Die Sauerstoffnutzung aber war sehr hoch.

Ein weiteres Beispiel liefert der Fall 91. Die Mutter atmete 15 Minuten ante partum kräftig den reinen Sauerstoff, das Nabelschnurvenenblut enthielt aber nur 3.13 Vol%, das Blut der Nabelschnurarterie 0.81 Vol% Sauerstoff.

Wie sollte auch bei einer Nabelschnurumschlingung des kindlichen Halses, bei einer verzögerten und langwierigen Austreibungsarbeit, wobei das Kind lange Zeit im untersten Abschnitt des Geburtskanals stecken bleibt und die Nabelschnur komprimiert wird, mehr Sauerstoff die Plazenta passieren können? Freilich würden wir gerade hier eine erhöhte Sauerstoffzufuhr für das Kind wünschen. Jedoch dürfte die beste Hilfe, die wir ihm in dieser Situation leisten können, eine möglichst rasche Entwicklung sein.

Zu den bereits genannten Einwänden gegen die vorbeugende Sauerstoffgabe vor der Geburt kommt nun noch ein rein mechanisches Moment: Selbst wenn ein stark erhöhtes Diffusionsgefälle für den Sauerstoff vorhanden wäre, müsste es sinnlos sein, da der Weg, den es überwinden soll, versperrt ist.

Der Unterschied zwischen diesen Gruppen von normalen und komplizierten

Geburten mit Sauerstoffatmung trägt übrigens höchste statistische Signifikanz, besonders zwischen dem jeweiligen Sauerstoffgehalt und der Sättigung des Blutes der Nabelschnurvene. p bewegt sich in einer Grössenordnung von 10^{-8} - 10^{-9} . Auch für das Nabelschnurarterienblut und die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz erhielten wir signifikante Unterschiede: $p < 0.01$ bzw. $p < 0.02$.

Wenn man abschliessend noch einmal die Diskussion über die Sauerstoffapplikation vor der Geburt überblickt und die Schilderung der einzelnen Fälle betrachtet, wird man erkennen, dass die Sauerstoffgabe dort, wo sie notwendig wäre, wirkungslos ist, und wo sie vielleicht einige Wirkung zeigen mag, im Grunde unnötig ist.

C. Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurgefässe bei komplizierten vaginalen Entbindungen.

1. Vakuumextraktionen

Die Indikation zur Vakuumextraktion wird in der Regel gestellt, wenn die Kraft und Wehen der Patientin zu gering erscheinen, das Kind, dessen Kopf bereits den Beckenboden erreicht hat, durch den Geburtskanal weiterzutreiben. Unter Umständen kann man mit dem Zug schon bei höher stehendem Kopfe beginnen. Der Muttermund muss möglichst vollständig geöffnet sein, oder sich zumindest ein kleiner restlicher Saum bei den ersten Zügen an der Saugglocke zurückbilden. Meist machen die verschlechterten kindlichen Herztöne eine rasche Extraktion notwendig.

Hier soll von 6 Geburten gesprochen werden, die durch eine Vakuumextraktion beendet wurden. Es handelte sich dabei um folgende Situationen:

Fall 25:

Die 23-jährige Erstgebärende hatte über Stunden nur leichte Wehen, die auch auf intramuskuläre Orasthininjektion wenig ansprachen. Dolantin, Monzal, Tokorectal und Avacan wurden im Verlaufe dieser (22) Stunden mehrmals verabreicht. Schliesslich stiegen die Herztöne auf 160 - 170 Schläge in der Minute an, so dass man sich zur aktiven Beendigung der Geburt entschloss. Es wurde ein Kind mit 3020 g und 53 cm Körperlänge geboren, das frisch war, sofort schrie und atmete.

Fall 31:

Wir führen diesen Fall nur an, um hier unser gesamtes Arbeitsmaterial zu demonstrieren. Das Kind hatte nämlich vor dem Abklemmen der Nabelschnur einige Sekunden lang geatmet. An dem gefundenen sehr hohen Wert für das kindliche Nabelschnurvenenblut, kann man schön den Einfluss der ersten Atemzüge erkennen. Wir hätten nämlich eher einen sehr tiefen Sauerstoffwert erwartet, weil das

Kind in einem schlechten Zustand geboren und das Fruchtwasser grünlich verfärbt war.

Fall 76:

Dieser Fall ist bereits unter den komplizierten Geburten mit Sauerstoffatmung der Mutter besprochen worden (s. S. 29).

Fall 85:

Nach einer langen Geburtsdauer von 26 1/2 Stunden begannen die kindlichen Herztöne auf 180 pro Minute zu steigen. Die Patientin, eine 31-jährige Erstgebärende, deren Blutdruck 175/100 mm Hg nach Riva-Rocci betrug, atmete bis zu der letzten Wehe vor der Extraktion sehr kräftig ein Lachgas - Sauerstoffgemisch 80 : 20. Chloräthyl wurde nicht verwendet. Das Kind war cyanotisch und stark asphyktisch, so dass es längere Zeit mit Sauerstoff künstlich beatmet werden musste. Wir vermuteten, dass es durch eine übermässige Lachgasnarkose der Mutter selbst narkotisiert wurde, und dass dies die hauptsächliche Ursache seiner starken Asphyxie gewesen ist. Es wog 2370 g bei einer Länge von 48 cm. Die Plazenta musste manuell gelöst werden.

Fall 95:

Diese Vakuumextraktion wurde ebenfalls nach sehr kräftigen Wehen vorgenommen, weil die kindlichen Herztöne auf 80 - 120 Schläge in der Minute abgefallen waren. Der Geburtstermin war bereits um 2 Wochen überschritten. Die Patientin, eine 30 Jahre alte Zweitgebärende war äusserst unruhig und erschwerte dadurch den ärztlichen Eingriff. Bis zur Extraktion atmete sie reinen Sauerstoff aus der Maske. Daran schloss sich eine kurze Chloräthyl-Äthernarkose an. Trotz einer nur 5-minütigen Austreibungsperiode war das Kind asphyktisch und musste längere Zeit künstlich beatmet werden. Das Fruchtwasser war grün verfärbt. Das Kind wog bei einer Länge von 52 cm 3370 g und trug angedeutete Zeichen von Überreife. Blutdruck, Puls, Temperatur und Urin der Patientin zeigten keine pathologischen Veränderungen.

Fall 96:

Bei dieser 25-jährigen Zweitgebärenden musste eine Vakuumextraktion aus mütterlicher Indikation vorgenommen werden. Unter einer Chloräthyl-Äthernarkose wurde bei sehr guten Herztönen in der 42. Woche ein Kind von 2830 g entwickelt.

T A B E L L E V I

Sauerstoffgehalt (NVO_2 bzw. NAO_2) in der Vene und der Arterie der Nabelschnur in Vol%, rechts daneben jeweils die prozentuale Sauerstoffsättigung, die Sauerstoffkapazität ($\text{O}_2\text{Kap.}$), Sauerstoffdifferenz ($\text{O}_2\text{Diff.}$) und der Nutzungskoeffizient (Nutz) für den Sauerstoff. Das Blut wurde bei Vakuumextraktion gewonnen. Im Mittelwert sind die Fälle 31 und 96 nicht berücksichtigt, um nur die pathologischen Fälle zu erfassen, da das Kind im Falle 31 vor dem Abklemmen der Nabelschnur geatmet hatte und im Falle 96 eine rein mütterliche Indikation vorlag.

Fall	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	$\text{O}_2\text{Kap.}$	$\text{O}_2\text{Diff.}$	Nutz.
31	13.72	--	--	--	--	--	--
96	9.19	46.7	5.67	28.8	19.66	3.52	38.3
25	8.10	43.6	3.89	21.0	18.55	4.21	52.0
76	5.71	26.2	1.25	5.7	21.81	4.46	78.1
85	1.66	8.0	1.10	5.3	20.72	0.56	33.7
95	1.39	6.6	0.51	2.4	21.20	0.88	73.6
Mittelwerte							
	4.22	21.1	1.69	8.6	20.57	2.53	59.4

Man sieht aus den Ergebnissen der Blutgasanalysen deutlich, dass man es hier mit pathologischen Geburten zu tun hat. Der Fall 25 liegt zwar noch im Bereiche der Norm; es scheint hier gerade noch der richtige Augenblick zur Beendigung der Geburt getroffen worden zu sein. Die Fälle 76, 85 und 95 zeigen aber einwandfrei pathologische Werte, wobei zweimal der hohe Sauerstoffnutzungskoeffizient auffällt: 78.1 bzw. 73.6.

Interessant ist das Ergebnis im Falle 96. Er zeigt gewissermassen eine reine Vakuumextraktion, bzw. eine normale Geburt mit minimaler Austreibungsarbeit. Wie erwähnt handelte es sich dabei um eine mütterliche Indikation zur Beendigung der Geburt, bevor die Presswehen begonnen hatten. Die Sauerstoffwerte liegen in der Nabelschnurarterie und -vene über der Norm, der Nutzungskoeffizient ist aber herabgesetzt. Bedeutet das, dass der Fötus zwar seine Sauerstoffreserven bereitgestellt hatte, aber wegen der kurzen Austreibungszeit nicht angreifen musste?

Die durchschnittlichen Werte bei den pathologischen Fällen der Vakuumextraktionen betragen also 4.22 Vol% bzw. 21.1 % Sättigung für das Blut der Nabelschnurvene und 1.69 Vol% bzw. 8.6 % Sättigung für das Blut der Nabelschnurarterie. Die Sauerstoffnutzung ist wesentlich erhöht.

Anmerkung: Die Äthernarkose hat nach SMITH (42) und TAYLOR (44) keinen senkenden Einfluss auf den Sauerstoffgehalt des Nabelschnurblutes, wohl aber Lachgas.

2. Zangengeburt

Ähnliche Verhältnisse werden bei Zangengeburt gefunden. Die Sauerstoffwerte im Blute der Nabelschnurvene decken sich fast mit denen bei Vakuumextraktionen, aber es fällt die grössere arterio-venöse Differenz und vor allem die höhere Sauerstoffnutzung auf (Tab. VII).

T A B E L L E VII

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
79	5.46	24.8	1.27	6.3	22.04	3.19	76.7
93	3.67	16.9	0.83	3.8	21.74	2.84	77.4
Mittelwerte							
	4.55	20.9	1.05	5.5	21.89	3.01	77.0

Das Kind scheint sich trotz der im Vergleich zu den Fällen 85 und 95 hohen Sauerstoffwerte doch in einer erheblichen Sauerstoffnot befunden zu haben, die ja nicht nur von dem Angebot, sondern auch vom Bedarf an Sauerstoff abhängig ist.

Die Beckenausgangszangen wurden unter Chloräthyl-Äthernarkose durchgeführt. Im Falle 79 stellte sich bei der 22-jährigen erstgebärenden Patientin nach 10-stündigem Geburtsverlauf eine sekundäre Wehenschwäche ein. Die Herztöne des Kindes sanken auf 120 - 80 Schläge in der Minute ab, so dass ein rasches Handeln angezeigt war. Da der Muttermund vollständig eröffnet war und der Kopf des Kindes am Beckenboden stand, entschlossen wir uns, die Geburt durch eine Zangenoperation zu beenden. Die Schwangerschaft stand in der 41. Woche. Wie erwartet, zeigte das Kind eine beträchtliche Asphyxie und Cyanose. Sein Gewicht betrug 3500 g, die Körperlänge 53 cm. Die Patientin hatte keinen Sauerstoff zu atmen bekommen.

In unserem 93. Falle hatte die Eröffnungsperiode bereits vor 25 Stunden begonnen, 7 Stunden lang herrschten kräftige Wehen, eine Stunde sogar Presswehen, die dann in Dauerkontraktionen des Uterus übergingen. Der kindliche Kopf war schon lange am Beckenboden sichtbar, ohne dass die Geburt fortschritt. Als dann die Herztöne des Kindes sehr langsam wurden (80 - 100 Schläge in der Minute; dabei waren sie aber kräftig, laut und rhythmisch zu hören), wurde der Entschluss zu einem Forceps gefasst. Die Operation verlief glatt. Das Kind war blau-asphyktisch. Eine spätere Untersuchung offenbarte eine cerebrale Schädigung, die also trotz des Vermögens des kindlichen Gewebes, den Sauerstoff fast restlos zu nutzen, nicht vermieden werden konnte. Sauerstoff wurde bei dieser Geburt nicht verwendet.

3. Asphyxie und Cyanose

Aus den Zeichen Asphyxie und Cyanose erkennt der Geburtshelfer, dass das Kind einen erheblichen Sauerstoffmangel erlitten hat. Um diesen Notstand näher zu präzisieren, haben wir alle Fälle zusammengestellt, bei denen eine Asphyxie oder eine Cyanose aufgetreten war. Dadurch lässt sich ein eindrucksvolles Bild gewinnen, was dies für das Kind bedeutet. In einem anderen Zusammenhang sind diese Geburten schon einmal erwähnt worden, nämlich bei der Besprechung der Vakuumextraktionen und der Zangengeburt, die mit Rücksicht auf die jetzt folgenden Erörterungen möglichst kurz gefasst ist, oder unter der Rubrik komplizierter Geburten bei der Diskussion einer vorbeugenden Sauerstoffatmung der Mutter während der Geburt.

Nur der Fall 63 erscheint hier zum ersten Male. Die 19-jährige Erstgebärende stand am Ende der Schwangerschaft. Nach einer Eröffnungsperiode von 22 Stunden und einer Austreibungszeit von 15 Minuten wurde ein 2800 g schweres Kind mit Asphyxia pallida geboren. Die Wehen waren über 4 Stunden kräftig, die Herztöne unauffällig gewesen. Ein Grund, warum es zur Asphyxie gekommen war, konnte nicht eruiert werden.

T A B E L L E VIII

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
24	2.32	10.2	1.59	7.0	22.72	0.73	31.5
52	0.64	2.5	0.22	0.9	24.99	0.42	65.6
63	4.79	21.0	0.99	4.5	21.84	3.80	79.3
72	6.83	33.2	--	--	20.58	--	--
76	5.71	26.2	1.25	5.7	21.81	4.46	78.1
79	5.46	24.8	1.27	6.3	20.04	4.19	76.7
81	1.13	4.6	0.64	2.6	24.62	0.49	43.4
85	1.66	8.0	1.10	5.3	20.72	0.56	33.7
93	3.67	16.9	0.83	3.8	21.74	2.84	77.4
95	1.93	6.6	0.51	2.4	21.20	1.42	73.6
Mittelwerte							
	3.41	15.4	0.93	4.3	22.01	2.10	62.1

In dieser Tabelle sind die bei Asphyxie und Cyanose des Neugeborenen gefundenen Sauerstoffverhältnisse dargestellt. Der Sauerstoffgehalt aus Vene und Arterie der Nabelschnur (NVO₂ bzw. NAO₂) ist in Vol% gemessen. Rechts daneben ist jeweils die prozentuale Sättigung des Bluts angegeben, ferner die Sauerstoffkapazität (O₂Kap.), die arterio-venöse Differenz (O₂Diff.) und der Nutzungskoeffizient (Nutz.).

Aus den durchschnittlichen Werten dieser Gruppe lässt sich folgendes erkennen:

1. Es besteht eine erhebliche Sauerstoffmindersättigung des Blutes aus der Nabelschnurvene. Der Sauerstoffgehalt von $3.41 \pm 0.64 \text{ Vol\%}$ bei einer Schwankungsbreite zwischen 0.64 und 6.83 Vol% (s. Abb. 11) ist sogar geringer als er bei normalen Geburten im Blute der Nabelschnurarterie gefunden wurde (Tab. I): 3.68 Vol%. Ebenso niedrig ist natürlich die prozentuale Sauerstoffsättigung des Blutes. Sie beträgt durchschnittlich $15.4 \pm 3.33 \%$ und liegt sogar in ihrem höchsten Wert aus dieser Gruppe unter der Norm.

2. Das Blut der Nabelschnurarterie (s. auch Abb. 12) ist nahezu frei von Sauerstoff, nämlich von einem Gehalt zwischen 0.22 und 1.59 Vol%, das sind durchschnittlich $0.93 \pm 0.86 \text{ Vol\%}$, was eine Sättigung zu nur $4.3 \pm 0.66 \%$ bedeutet. Es ist erstaunlich, dass der kindliche Organismus im Notfall so weitgehend den Sauerstoff aus dem Blute extrahieren kann.

3. Ganz entsprechend liegt der Sauerstoffnutzungskoeffizient unwahrscheinlich hoch bei $62.1 \pm 1.87 \%$, mit einer Streuung zwischen 31.5 und 79.3 %. Es ist offensichtlich, wenn man diesen Koeffizienten mit der Norm von 53.7 % (Tab. I) vergleicht, die ja auch schon ziemlich hoch ist, dass das fötale Gewebe in der Lage ist, ein angebotenes Sauerstoffvolumen nahezu restlos zu verbrauchen. Es muss auf den Sauerstoff ein gewaltiger Sog wirken, der vom Gewebe ausgeht.

Der Unterschied zwischen den Werten der Norm aus der Tabelle I und den hier gezeigten Ergebnissen ist in allen Resultaten statistisch hoch signifikant, p hat einen Wert bei 10^{-9} und bei der Sauerstoffnutzung immerhin noch von $p < 0.02$.

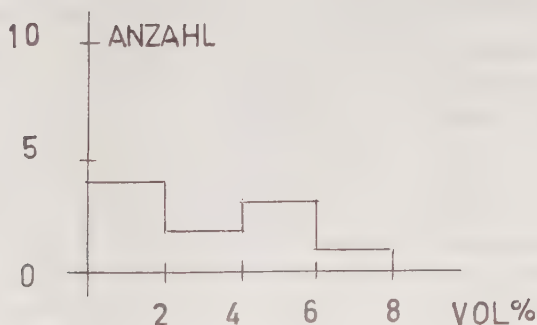


ABBILDUNG 11:

Verteilungsschema der O_2 Werte im Blute der Nabelschnurvene bei asphykt. od. cyanot. Kindern. Senkrecht = Anzahl der Fälle.

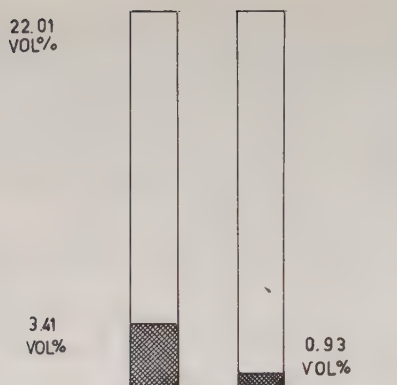


ABBILDUNG 12:

Veranschaulicht den Sauerstoffgehalt des Nabelschnurblutes (schwarz eingetragen) gegenüber seiner Sauerstoffkapazität (gesamte Säule). Die linke Säule stellt die Verhältnisse in der Vene, die rechte in der Arterie dar. Es handelt sich um Geburten, die mit Asphyxie und Cyanose des Kindes einhergingen.

Um die hier besprochenen Verhältnisse zu veranschaulichen, sei dasselbe Schema wie bei den normalen Geburten angefügt (Abb. 13).

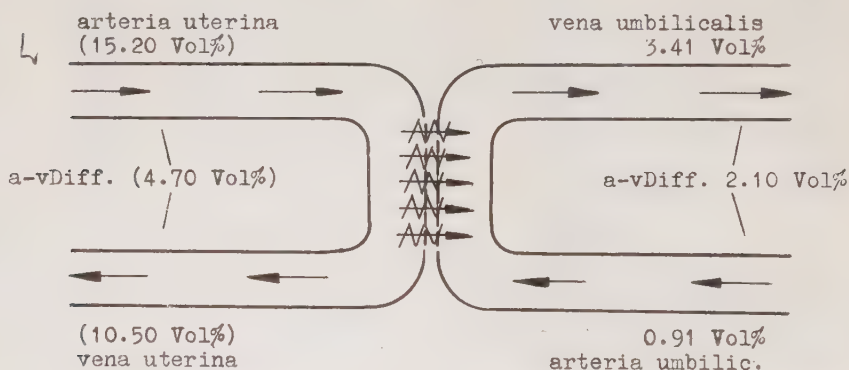


ABBILDUNG 13:

Schematische Darstellung des Sauerstofftransportes von Mutter zu Kind mit Angabe des Sauerstoffgehaltes der Gefäße und der arterio-venösen Differenz. Da die mütterlichen Werte den normalen Fällen entnommen sind, wurden sie eingeklammert. Der Sauerstofftransport ist gestört.

Angenommen, zu dem akuten Sauerstoffdefizit habe kein Grund von mütterlicher Seite vorgelegen, das Angebot sei also aufrecht erhalten worden. Der Transport in das kindliche Blut muss dann gestört gewesen sein. In der Minute erreichen jetzt nur noch 9.5 ccm Sauerstoff den kindlichen Organismus, das sind weniger als die Hälfte der normalen Verhältnisse. In extremen Fällen (52, 81, 85) hätte das Kind nur noch über 2.25 ccm Sauerstoff in der Minute verfügen können. Ein Zustand derartiger Anoxie kann natürlich nur sehr kurze Zeit vertragen werden, ohne einen Schaden des Zentralnervensystems oder anderer Organe zuzulassen. Solche niedrigen Sauerstoffwerte, die immer wieder einmal bei einer Geburt gefunden werden, sind bezüglich der Prognose des Falles mit einiger Skepsis zu betrachten, da die Zeit, wie lange die Anoxie bestanden hatte als ebenso wichtige Komponente für die Beurteilung, immer unbekannt bleiben wird. Es wäre allerdings eine interessante und aufschlussreiche Arbeit, bei den blutchemisch gesicherten Fällen einer Neugeborenenanoxie später eine intern-neurologische Nachuntersuchung durchzuführen. Über einen Fall cerebraler Schädigung nach Hypoxie wurde bei der Besprechung der Zangengeburt bereits berichtet.

Auch in der Literatur sind zahlreiche Blutgasanalysen bei asphyktischen Kindern beschrieben. WILSON (54) berichtet bei der 'Asphyxia pallida' über einen Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurvene von 0.8 bis 3.6 Vol%, das sind 3.5 bis 17.0 % Sättigung. Als obere Grenze nimmt er 5.0 Vol% an. Ähnliches veröffentlichte PRYSTOWSKY (32), und zwar einen Sauerstoffgehalt von 4.54 Vol% in der Vena und 1.63 Vol% in der Arteria umbilicalis. Im intervillösen Raum der Plazenta fand er dabei 3.70 Vol% Sauerstoff, ein Zeichen dafür, dass es sich um einen mütterlichen Mangelzustand gehandelt haben muss (Präeklampsie, Eklampsie, Hypotension....).

WULF (55) gibt für die Asphyxie 7.34 mm Hg als Sauerstoffpartialdruck im Nabelschnurvenenblut an und 3.99 mm Hg im Blut der Nabelschnurarterie, der nach EASTMAN (14) normalerweise zwischen 35 und 40 mm Hg in der Nabelschnurvene liegt. Dabei ist der Kohlendioxydgehalt in beiden Gefäßen sehr hoch.

SMITH (42) fasste seine Ergebnisse zusammen, indem er sagte, unter 3 Vol% Sauerstoffgehalt in der Nabelschnurvene sei eine Asphyxie zu erwarten.

Wir finden also fast völlige Übereinstimmung mit unseren eigenen Ergebnissen. Eine Relation zwischen verschiedenen Graden kindlicher Apnoe nach der Geburt und der Höhe des Sauerstoffspiegels in der Nabelschnurvene konnte nicht gefunden werden (SMITH 42), z.B. in den Fällen 63 und 79, wo trotz einer relativ hohen Sauerstoffsättigung doch eine erhebliche Asphyxie bestanden hatte. Schliesslich wird bei einer starken Hypoxämie das Atemzentrum unter einem so grossen Reiz stehen, dass die Atmung post partum sofort einsetzt. Andererseits kann dieser Reiz bei sehr hohen Sauerstoffwerten fehlen, so dass eine relative Apnoe resultiert. Oder es kann der Sauerstoffmangel schon einen solchen Schaden am Atemzentrum hervorgerufen haben, dass ebenfalls eine Apnoe, diesmal mit starker Hypoxämie, vorhanden ist. Der Sauerstoffmangel bzw. der absolute Wert

des Sauerstoffgehaltes im Blut stellt nur einen Faktor unter vielen für den Beginn der ersten kindlichen Atembewegungen dar.

D. Die Beziehung des Sauerstoffgehaltes im Blute der Nabelschnurvene zu den kindlichen Herztönen vor der Geburt.

Nachdem der Zustand der kindlichen Sauerstoffnot ausführlich geschildert wurde, soll noch kurz auf die Frage seiner Diagnose eingegangen werden. Es wurde auf den verschiedensten Wegen gesucht, dafür ein sicheres äusseres Kriterium zu finden, bis zu der Untersuchung punktierten Fruchtwassers auf seinen Sauerstoffgehalt. In der Tat steht dieser annähernd mit dem dem Föten verfügbaren Sauerstoff im Gleichgewicht, bzw. mit dem Sauerstoff in seiner Haut (VASICKA 48, SJÖSTEDT 40). Für die Bestimmung kurzer anoxischer Zustände ist ein solcher Weg allerdings äusserst fraglich, ganz abgesehen davon, dass die technische Handhabung dieser Methode für die Geburtshilfe gänzlich unbrauchbar ist.

Das einzige Zeichen, das sicher eine Gefahr für das Kind andeutet, wird das dem Geburtshelfer von alters her bekannte Symptom der abfallenden oder unregelmässig werdenden Herztöne bleiben. Wir haben daher unsere Fälle daraufhin untersucht, ob ein Sauerstoffmangel festzustellen war, wenn die kindlichen Herztöne kurz vor dem Austreten des Kindes pathologische Werte angenommen hatten.

Tatsächlich fanden wir auch in 65 Fällen gemischten Materials einen Sauerstoffgehalt von 6.81 Vol% (Tab. IX), wobei auch diejenigen mitgezählt wurden, bei denen sich zum Beispiel später eine Asphyxie herausstellte, die Hebamme oder der Arzt aber keine Anomalie der Herztöne beobachtet hatten, obwohl diese sicher vorhanden war. Der angegebene Wert müsste also bedeutend höher liegen.

In den Fällen, bei denen wir die Herztöne unter 120 oder über 150 Schläge in der Minute feststellten, konnten wir einen Sauerstoffgehalt von nur 5.47 Vol% messen. Vielfach hatten sich sicher die Herztöne wieder erholt, als die letzten Presswehen begannen; denn unter dem Material befinden sich auch z.B. zwei Fälle mit über 10 Vol% Sauerstoffgehalt, so dass wir ruhig diesen Wert etwas tiefer ansetzen dürften.

T A B E L L E IX

Herztöne des Kindes	Zahl der Fälle	O ₂ Gehalt der NV.
normal	65	6.81 Vol%
pathologisch	17	5.47 Vol%

NV. = Nabelschnurvene

Die angegebenen Zahlen sind nur als relative Werte zu betrachten. Sie sind aus einem bunt gemischten Material gewonnen und setzen sich aus Einzelwerten zusammen, die zum Teil, wie erwähnt, für die betreffende Gruppe zu hoch oder zu niedrig sein dürften und in der Gegengruppe erscheinen müssten. Die kindlichen Herztöne konnten nicht exakt bis zu dem letzten Augenblick vor der Geburt verfolgt werden, weil wir ja zum raschen Abklemmen der Nabelschnur bereit sein mussten. Es soll aber mit der Angabe dieser beiden durchschnittlichen Werte wenigstens die Ansicht bestärkt werden, dass es sich bei verschlechterten Herztönen in der Regel um eine kindliche Sauerstoffnot handelt, und dass diese eben an den Herztönen am besten erkannt werden kann.

E. Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurgefäße und seine Beziehung zum Alter der Gebärenden.

Die Erfahrung lehrt, dass mit zunehmendem Alter der Mutter die Geburt schwieriger verläuft und die Gefahr einer kindlichen Hypoxie grösser ist. Dies konnte auch hier bestätigt werden. Die Geburten wurden nach dem Alter der Patientinnen in drei Gruppen eingeteilt:

- | | |
|-----------|----------------------|
| 1. Gruppe | bis zu 24 Jahren |
| 2. Gruppe | 25 bis 29 Jahre |
| 3. Gruppe | 30 Jahre und darüber |

T A B E L L E X

Sauerstoffgehalt in Vol% und prozentuale Sättigung des Blutes der Nabelschnurvene, sowie der Sauerstoffnutzungskoeffizient entsprechend dem Alter der Patientin.

Altersgruppe	Vol%	%Sätt.	Nutz.	Zahl der Fälle
1	7.89	36.3	46.8	18
2	7.41	34.1	52.5	6
3	5.39	22.9	40.4	3

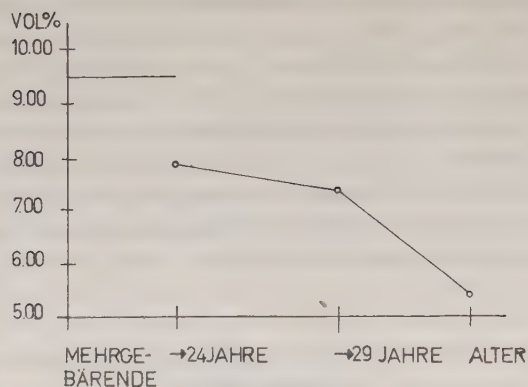


ABBILDUNG 14:

Der durchschnittliche O_2 -Gehalt im Blute der Nabelschnurvene bei Mehrgebärenden und bei Erstgebärenden verschiedenen Alters. Mit höherem Alter fällt die Kurve sichtlich ab.

Die Werte der Tabelle X und die Abbildung 14 zeigen eindeutig, dass bei jüngeren Erstgebärenden der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurvene höher liegt als bei älteren. Wir haben zu diesem Vergleich nur Fälle aus der Tabelle herangezogen. Bei den statistischen Berechnungen haben wir zwar keine Signifikanz erhalten können. Jedoch spricht die Wahrscheinlichkeit mit 10 : 1 bei den Altersgruppen 1 und 3 und mit 5 : 1 bei den Gruppen 2 und 3 für die Annahme, dass mit zunehmendem Alter der Mutter die Gefahr der Anoxie für das Kind erhöht wird. Eine grössere Zahl von Fällen hätte sicherlich zu einer Signifikanz geführt.

Wir stimmen mit diesen Ergebnissen auch mit anderen Arbeiten überein, die vor allem von WALKER (32) und TURNBULL (45) veröffentlicht worden sind. Mit steigendem Alter der Mutter verschlechtert sich die uterine Muskeldurchblutung. Ebenso nimmt der Plazentardurchstrom ab (WALKER 32). Analog unseren Befunden einer erniedrigten Sauerstoffsättigung des kindlichen Blutes bei alten Müttern nimmt auch die Sterblichkeit der Neugeborenen mit dem Alter der Mutter zu (Abb. 15).

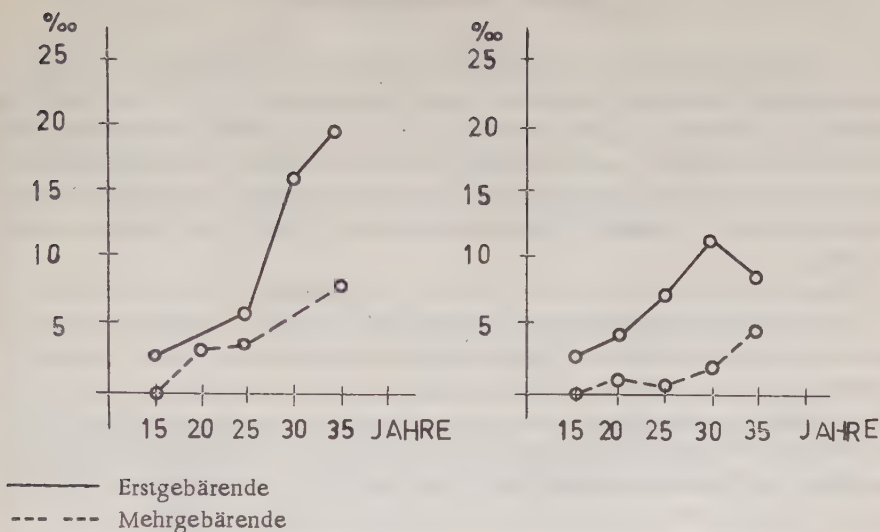


ABBILDUNG 15:

Neugeborenensterblichkeit und ihre Beziehung zum Alter der Mutter bei Erst- und Mehrgebärenden. Man sieht, dass mit zunehmendem Alter der Mutter analog unseren Befunden des abnehmenden Sauerstoffgehaltes im Nabelschnurblut die Sterblichkeit des Kindes zunimmt (vergl. Abb. 14). Die Kurven sind von POTTER, E.L. (31) übernommen.

Bei Mehrgebärenden ist der Sauerstoffgehalt in der Vene der Nabelschnur gegenüber der Norm erhöht. Sie enthält hier 9.48 Vol% (Abb. 14) bei einer Sättigung zu 41.1 %. Die Sauerstoffnutzung beträgt 55.2 %. Gegenüber dem Sauerstoffgehalt bei Erstgebärenden bis zu 29 Jahren (Altersgruppe 2) besteht ein wahrscheinlicher Unterschied in 10 Fällen gegen einen; $p = 0.1$, gegenüber Erstgebärenden über 29 Jahre (Altersgruppe 3) eine deutliche Signifikanz; $p < 0.01$. Der Wert für Mehrgebärende ist aus 22 Fällen berechnet.

F. Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene und seine Beziehung zur Dauer der Austreibungsperiode.

In vielen Fällen macht die Geburt trotz kräftiger Wehen keinen oder nur einen geringen Fortschritt. Man kann dabei häufig beobachten, wie die kindlichen Herztöne allmählich langsamer werden. Es tritt ein Zustand der Sauerstoffnot ein. Schon in der Tabelle III wurde von einigen Fällen berichtet, bei denen besondere Schwierigkeiten bei der Entwicklung des kindlichen Kopfes aus dem Geburtskanal aufgetreten waren. Dabei war der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene erniedrigt.

Im Folgenden sind alle in der Tabelle I aufgeführten, normalen Geburten nach der Dauer der jeweiligen Austreibungsperiode geordnet. Dabei stellten sich umso niedrigere Werte heraus, je länger diese letzte Phase der Geburt dauerte. Es finden sich dabei zwar auch wieder Fälle, die sich durch einen zu hohen oder zu niedrigen Sauerstoffgehalt nicht ohne weiteres in die betreffende Gruppe einreihen lassen - schliesslich handelt es sich ja nicht um pathologische Fälle -, wenn man aber die durchschnittlichen Werte berechnet, kommt man zu dem genannten Ergebnis. Die Angabe der Durchschnittswerte dürfte genügen, um das Wesentliche dieser Untersuchung zu veranschaulichen (s. Tab. XI und Abb. 16).

T A B E L L E X I

Austreibungsperiode	Vol%	Anzahl der Fälle
10 Minuten	9.16	21
20 Minuten	7.82	12
darüber	7.62	16

Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene in Vol% und seine Beziehung zur Dauer der Austreibungsperiode. Die Geburten der Tab. I mit normalem Verlauf sind in drei Gruppen aufgeteilt.

Für den Unterschied zwischen den Sauerstoffwerten bei 10 und bei 20 Minuten dauernder Austreibungszeit spricht immerhin schon eine Wahrscheinlichkeit von 10 : 1 ($p = 0.1$).

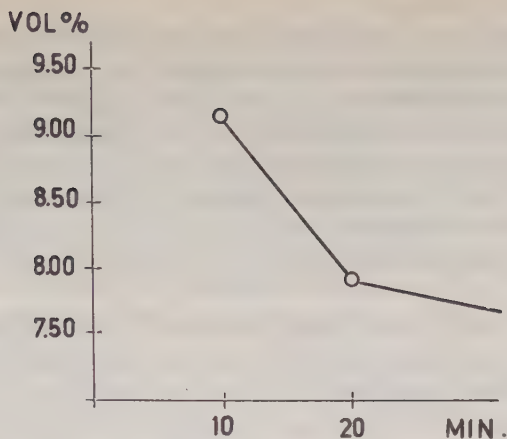


ABBILDUNG 16:

Die Beziehung des Sauerstoffgehaltes im Blute der Nabelschnurvene zur Dauer der Austreibungsperiode. Man erkennt den deutlichen Abfall der Kurve, je länger diese letzte Phase der Geburt währte.

G. Hämatokrituntersuchungen des Nabelschnurblutes.

In 59 Fällen wurden die gewonnenen Blutproben auf ihren Hämatokritwert untersucht. Angeregt wurde eine solche Untersuchung durch eine Bemerkung BARCROFTS (4), korpuskuläre und flüssige Bestandteile des Blutes würden bei der Austreibung des Kindes getrennt, und zwar so, dass dabei hauptsächlich Blutkörperchen aus der Plazenta in das kindliche Gefäßsystem gepresst würden. Falls sich diese Vermutung bestätigen sollte, müsste man bei der Punktion eines proximalen, das heisst kindnahen Segmentes der Nabelschnur mehr Blutkörperchen, bei der Punktion eines distalen Segmentes mehr Plasma gewinnen.

Wir selbst vermuteten schon eine Entmischung des Nabelschnurblutes, nachdem wir beobachtet hatten, dass sich manchmal bei der Punktion eine plasmahelle Flüssigkeit, schon bevor wir die Spritze abgesetzt hatten, von dem Dunkelrot des Blutes abtrennte. Es gilt daher folgendes zu überlegen: Gerät man beim Punktieren an eine blutkörperchenarme, aber plasmareiche Stelle, so erhält man selbstverständlich im ccm Blut einen geringeren Sauerstoff- und Kohlendioxydgehalt als an Stellen, die relativ reich an Blutkörperchen sind, die also nach BARCROFT mehr proximal gelegen sein müssten. Und aus diesem, dem Zufall überlassenen Faktor könnte eine weitere Fehlerquelle für die Blutgasanalyse entstehen und mit für die hohen Schwankungsbreiten, die sich überall bei der Bearbeitung dieses Themas ergeben haben, verantwortlich gemacht werden. Die einfachste Methode, dem nachzuspüren, schien uns die Bestimmung des Hämatokrites zu sein.

Zunächst untersuchten wir, ob an einer distalen und proximalen Stelle der

Nabelschnur tatsächlich ein verschiedenes Blutkörperchenvolumen vorliegt. Zu diesem Zwecke klemmten wir an möglichst naher und an möglichst entfernter Stelle vom kindlichen Nabel ein kurzes Nabelschnursegment ab und punktierten je eine Blutprobe. In die Spritze brachten wir eine geringe Menge von Quecksilber, um das Blut so gut wie möglich durchmischen zu können. Die Hämatokritwerte wurden zum Teil in sechsfacher Ausführung des Versuches mit demselben Blut bestimmt, da sich relativ hohe Differenzen bei den einzelnen Ergebnissen zeigten. Aus den gefundenen Prozentzahlen errechneten wir jeweils den Mittelwert.

Dieser ist für die 5 durchgeführten Versuche in der Abbildung 17 angegeben. Diese scheinen die Vermutung BARCROFTS zu bestätigen, dass sich Plasma und Blutkörperchen trennen, wenn beim Ausstossen des kindlichen Körpers zugleich eine Menge von etwa 75 ccm Blut aus der Plazenta in die kindlichen Gefäße gepresst wird. Er fand bei einer späten Abnabelung des Neugeborenen ein um 14 bis 33 % pro kg Körpergewicht höheres Blutkörperchenvolumen als bei einer Abnabelung, bei der das Auspressen von Blut in den kindlichen Körper nicht möglich war. Das Zurückhalten eines grösseren Anteils von Flüssigkeit in der Plazenta fand BARCROFT gar nicht so überraschend, weil der arterielle Druck unter der Geburt von 60 auf 80 oder mehr mm Hg ansteigt. Eine solche Veränderung müsste das Gleichgewicht zwischen hydrostatischem und osmotischem Druck der Flüssigkeiten innerhalb und ausserhalb der Gefäße derart stören, dass es zu einem entsprechenden Austritt von Flüssigkeit käme.

1	2	3	4	5. FALL	
39	38	424	454	40 %	
VENE DISTAL					

1	2	3	4	5 FALL	
38	395	411	479	454 %	
VENE PROXIMAL					

1	2	3	4	5 FALL	
28	35	26	41.5	36 %	
ARTERIE DISTAL					

1	2	3	4	5 FALL	
37	23	205	375	355 %	
ARTERIE PROXIMAL					

durchschnittliche Werte:

Vena umbilicalis dist. 37.0 %

Vena umbilicalis prox 42.4 %

Art. umbilicalis dist 33.3 %

Art. umbilicalis prox 30.7 %

ABBILDUNG 17:

Die Ergebnisse der Hämatokritbestimmung im Blute eines distalen und eines proximalen Nabelschnursegmentes in 5 Fällen und die durchschnittlichen Werte daraus.

Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass an einer nahe der Plazenta gelegenen Stelle der Nabelschnurvene 37.0 % des Blutes aus korpuskulären Bestandteilen zusammengesetzt ist, wogegen es beim kindlichen Nabel 42.4 % sind. In der Arterie finden sich umgekehrte Verhältnisse, nämlich 33.3 % Körperchenvolumen distal und 30.7 % proximal des Nabels, so dass es scheint, dass in der Tat vor allem Blutkörperchen in den kindlichen Körper gepresst und in dem den kindlichen Körper verlassenden Blut zurückgehalten werden. Dazu kommt, dass in 85 % aller Fälle der Hämatokrit in der Nabelschnurarterie geringer als in der Vene war und nur in 5 % höher.

Diese Ergebnisse einer nur am Rande dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungsreihe, haben nur den Rang einer Hypothese, die sich erst aus einem weit umfangreicheren Material bestätigen liesse.

Wie zu erwarten war, zeigte sich auch bei 33 normalen Geburten eine deutliche Abhängigkeit des Sauerstoffgehaltes vom Hämatokritwert (Abb. 18). Im Einzelnen gesehen liegen die Werte, wie ja alle Werte der Sauerstoffbestimmung im Blut, sehr weit auseinander. Es ist jedoch deutlich eine Ausbreitung der in Abb. 18 eingezeichneten Marken nach rechts unten zu erkennen, das bedeutet bei steigendem Hämatokritwert einen höheren Sauerstoffgehalt. Deutlicher zeigen dies die errechneten Mittelwerte für die vier Hämatokritbereiche 38 - 41, 42 - 45, 46 - 49, 50 - 54 %, wobei die Kurve fast linear verläuft.

Bei den stark in Abb. 18 von der Richtung links-oben nach rechts-unten abweichenden Werten handelt es sich um:

1. Fall 77: Der für den Hämatokritwert von 38 % etwas zu hohe O_2 Gehalt lässt sich erklären, wenn man bedenkt, dass die Patientin eine Viertgebärende gewesen ist und die Geburt äusserst rasch verlief. Es wurde 7 Min. Sauerstoff zu atmen gegeben.
2. Fall 83: Die Austreibungsperiode dauerte hier 20 Minuten. Kurz vor der Geburt begannen die Herztöne des Kindes auf 164 anzusteigen, um dann wieder auf 100 zu fallen. Vielleicht erklärt dies den etwas niedrigen Wert.
3. Fall 98: Die Nabelschnur war um den Hals des Kindes geschlungen, so dass der niedrige Sauerstoffwert erklärlich ist.

HÄMATOKRIT IN PROZENTEN

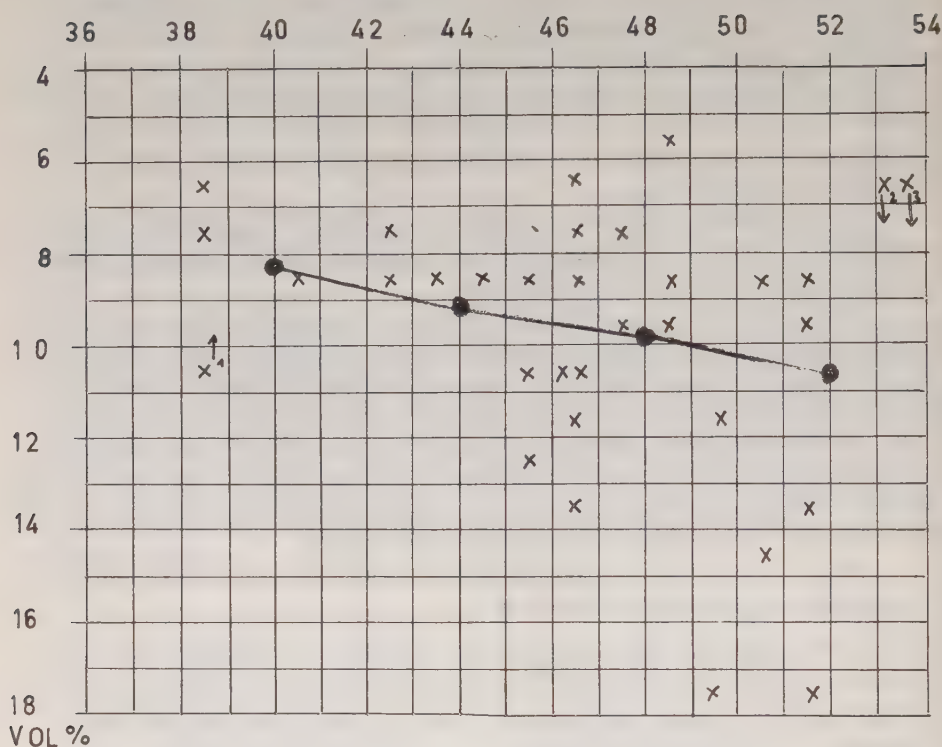


ABBILDUNG 18:

Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene bei normalen Geburten und die entsprechenden Hämatokritwerte. Man erkennt eine Ausbreitungstendenz von links oben nach rechts unten. Rot sind die Mittelwerte für einen Hämatokrit von 38 - 41, 42 - 45, 46 - 49, 50 - 54 %: 8.25 Vol%, 9.10 Vol%, 9.78 Vol% und 10.51 Vol% eingetragen. Bei drei Fällen deutet ein Pfeil die eigentlich notwendige Verlagerung der Marken an, wie im Text erläutert ist.

H. Über den Kohlendioxydgehalt des fötalen Blutes.

Der Kohlendioxydgehalt im Blut der Nabelschnurvene liegt bei normalen vaginalen Geburten um 39.78 Vol% und im Blute der Nabelschnurarterie um 43.20 Vol%. Die durchschnittliche venös-arterielle Differenz beträgt 3.87 Vol%. Allerdings bewegt sie sich in einem sehr weiten Spielraum, wie Abb. 19 zeigt, ja in vier Fällen hat sie sogar einen negativen Wert, das heisst, in der Nabelschnurvene befand sich mehr Kohlendioxyd als in der Arterie. Davon soll weiter unten noch die Rede sein. Dieser Differenz stellen wir die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz gegenüber, die mit 5.01 Vol% höher gefunden wird. In 14 von 39 Fällen waren jedoch beide Differenzen ungefähr gleich.

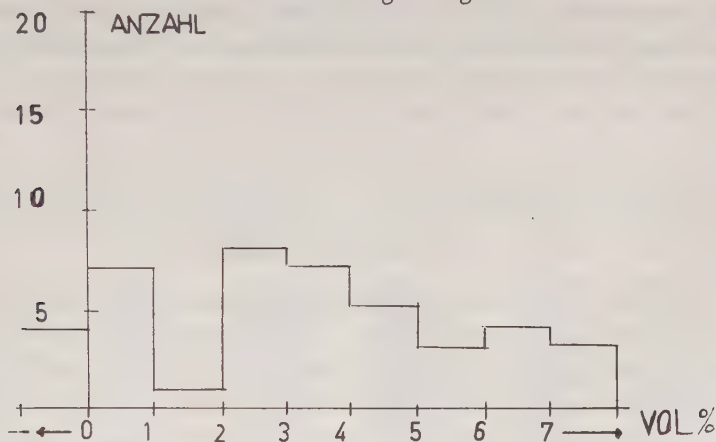


ABBILDUNG 19:

Verteilungskurve für die Kohlendioxyd-venös-arterielle Differenz im Blut der Nabelschnur bei normalen vaginalen Geburten auf verschiedene Bereiche. Man beachte, dass sie in einigen Fällen negativ war.

Bei den normalen vaginalen Geburten, bei denen reiner Sauerstoff zu atmen gegeben wurde, enthielt das Blut der Nabelschnurvene 39.25 Vol% Kohlendioxyd, also etwa ebensoviel wie ohne Sauerstoffatmung. Diese scheint auf die Kohlendioxydabgabe des Blutes keinen Einfluss zu haben, wie er bei der Lungenhyperventilation zu beobachten ist. Dieser Befund steht mit der früher geübten Kritik an der Sauerstoffatmung vor der Geburt (s. S. 22) in Einklang. Auch im Blut, das über die Nabelschnurarterie der Plazenta wieder zufließt, fand sich wie zuvor 43.41 Vol% Kohlendioxyd. Die durchschnittliche venösarterielle Differenz betrug 4.10 Vol%.

Bei den Geburten, die mit einer Cyanose oder Asphyxie des Kindes einhergingen, liess sich ein gegenüber der Norm ein wenig erniedrigter Kohlendioxyd-

gehalt des Blutes der Arterie von 41.31 Vol% und der Vene der Nabelschnur von 40.79 Vol% beobachten, so dass die CO_2 -Abgabe in der Plazenta gestört zu sein scheint. Die sehr niedrige venös-arterielle Differenz erreicht nur in einem Falle die Norm.

Als sehr eigenartiges Phänomen konnten wir in einigen Fällen eine negative venös-arterielle Kohlendioxiddifferenz feststellen. Wir haben dies oben bereits erwähnt und hielten es zuerst für einen Fehler bei der Analyse. Jedoch konnte in den verschiedensten Fällen einwandfrei mehr Kohlendioxyd im Blute der Vene als im Blute der Arterie bestimmt werden. Besonders die Feststellung, dass dies in fast der Hälfte der Geburten, die mit einer schweren kindlichen Hypoxie einhergingen, der Fall war, ist auffallend. Überdies war in zwei weiteren Fällen aus dieser Gruppe die Kohlendioxiddifferenz zwar positiv, aber äusserst gering.

T A B E L L E XII

Fall	NACO_2	NVCO_2	CO_2 Diff.	NVO_2	NAO_2	O_2 Diff.
24	45.49	45.81	- 0.32	2.32	1.59	0.73
52	36.37	37.10	- 0.73	0.64	0.22	0.42
85	43.67	45.60	- 1.93	1.66	1.10	0.56
95	41.16	42.52	- 1.36	1.93	0.51	1.42
79	43.26	42.88	+ 0.38	5.46	1.27	4.19
93	33.51	33.26	+ 0.25	3.67	0.83	2.84
81	38.14	36.96	+ 1.18	1.13	0.64	0.49
63	49.60	46.92	+ 2.68	4.79	0.99	3.80
72	--	44.60	--	6.83	--	--
76	40.57	36.08	+ 4.49	5.71	1.25	4.46

In dieser Tabelle sind von Fällen, die mit Asphyxie oder Cyanose des Kindes verlaufen sind, der Kohlendioxydgehalt der Nabelschnurarterie (NACO_2) und der Nabelschnurvene (NVCO_2) und die Differenz zwischen beiden (CO_2 Diff.) eingetragen und zum Vergleich die entsprechenden Sauerstoffwerte dieser Gefässe (NVO_2 und NAO_2) und die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz (O_2 Diff.).

Es muss also die Kohlendioxydabgabe aus dem kindlichen Blut gestört sein. Dies erklärt aber noch nicht alles. Es häuft sich ja noch dazu Kohlendioxyd an. Dafür kommen nur zwei Quellen in Betracht:

1. Ein aerober Kohlenhydratabbau in der Plazenta selbst. Dieser dürfte aber nach Mitteilungen in der Literatur ziemlich gering sein.
2. Ein Kohlendioxydstrom aus dem mütterlichen Blut durch ein umgekehrtes Diffusionsgefälle, wenn zum Beispiel die Arterialisierung und Kohlendioxydabgabe

in den Lungen der Mutter mangelhaft sind. Aufschluss hierüber könnte nur die Kenntnis des jeweiligen Kohlendioxydgehaltes des intervillösen bzw. mütterlichen Blutes geben.

Es ist weiterhin auffällig und spricht für die zweite der genannten Möglichkeiten, dass gerade die Fälle mit der negativen venös-arteriellen Kohlendioxyddifferenz die schwersten Schädigungen des Kindes und die niedrigsten Sauerstoffwerte seines Blutes in der Nabelschnurvene zeigen (s. Tab. XII).

Der Kohlensäuregehalt des Blutes lag bei Kaiserschnitten im allgemeinen etwas höher als bei vaginalen Geburten. In den normalen Fällen haben wir 44.64 Vol% in der Vene und 46.53 Vol% in der Arterie gemessen. Die Differenz war jedoch mit 1.80 Vol% wesentlich geringer. War das Kind durch Sauerstoffmangel beeinträchtigt worden, so enthielt die Nabelschnurvene 42.68 Vol% und die Nabelschnurarterie 47.22 Vol% CO_2 . Die Differenz war dann durchschnittlich 3 Vol%.

Ein Vergleich mit den normalen Werten des Erwachsenen zeigt wenig Auffallendes. Hier wird im arteriellen Blut ein CO_2 -Gehalt von 44.10 Vol% und im venösen Blut von 49.60 Vol% gefunden.

Angaben in der Literatur bewegen sich zwischen 42.20 Vol% und 46.53 Vol% für die Nabelschnurvene und um 50.10 Vol% für die Nabelschnurarterie, wobei diese Autoren (DIECKMAN und KRAMER 11) eine CO_2 -Abnahme nach Sauerstoffatmung der Mutter gefunden haben, eine Beobachtung, die wir nicht bestätigen konnten.

WULF (55) fand einen CO_2 -Gehalt von 37.7 Vol% in der Nabelschnurvene und von 44.2 Vol% in der Nabelschnurarterie. Und EASTMAN (14) gibt 45.9 Vol% für die Nabelschnurvene an.

In einer späteren Arbeit erörtert dieser Autor die CO_2 -Dissoziationskurve (16). Daraus geht hervor, dass das fötale Blut viel schneller Kohlendioxyd abgibt als das mütterliche. Bei einem Partialdruck für CO_2 von beispielsweise 50 mm Hg befinden sich im fötalen Blut 40 Vol% CO_2 , während im mütterlichen Blut 45 Vol% gemessen werden können. Bei einer Kohlendioxydspannung, bei welcher das fötale Blut CO_2 abgeben muss, ist das mütterliche noch bereit, solches aufzunehmen. Das steht im Zusammenhang mit dem erhöhten Hämoglobin- und dem erniedrigten Gesamtbasengehalt des fötalen Blutes (SMITH 43).

Auffallend ist ferner der Mangel an Carboanhydrase in den roten Blutzellen des Föten (MELDRUM 27). Dieses Ferment katalysiert die Reaktion $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ und ist wesentlich am CO_2 -Transport und an der CO_2 -Abgabe in der Lunge beteiligt.

SAUERSTOFFANALYSEN BEI SECTIO CAESAREA

A. Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurgefäße bei Sectio Caesarea und normalem Zustand des Kindes (Sectio aus mütterlicher Indikation)

Um dem tatsächlichen Sauerstoffgehalt des Blutes in utero näher zu kommen, führten wir eine Reihe von Blutuntersuchungen bei Sectio caesarea durch. Dem Kind blieb also der Durchtritt durch den Geburtskanal erspart. Freilich gibt es auch jetzt noch eine grosse Reihe von Faktoren, die einen bedeutenden Einfluss auf die Sauerstoffaufladung des Blutes ausüben. Es sei vor allem an die kindlichen und mütterlichen Kreislaufverhältnisse, an Veränderungen und Regressionserscheinungen der Plazenta und ihrer Befestigung und an die physiologischen Unterschiede des Blutes und ihre Variationsbreiten bei Mutter und Kind erinnert. Ganz abgesehen davon spielt natürlich das Schicksal des Kindes bis zu dem Zeitpunkt, da es den Uterus verlässt, die entscheidende Rolle.

Bei vier Fällen jedoch, die zuerst vorgestellt werden sollen, kann diese vernachlässigt werden, da bei ihnen der Kaiserschnitt schon bevor die Wehen begonnen hatten, unternommen wurde. Das Kind befand sich stets in bestem Zustande, die Herztöne zeigten keinerlei Unregelmässigkeiten und die Hautfarbe des Kindes war nach der Geburt frisch und rosig.

Es handelt sich um folgende Situationen:

Fall 8S:

Die 22-jährige Erstgebärende wurde mit einem vorzeitigen Blasensprung eingeliefert. Es bestand ein dringender Kinderwunsch. Die Untersuchung ergab eine Steisslage. Da die Prognose für eine normale vaginale Geburt nicht mit Sicherheit gestellt werden konnte, wurde der Entschluss zu einem Kaiserschnitt gefasst. Die interne Untersuchung der Patientin ergab keinerlei pathologischen Befund. Zur Narkose wurde Evipan verwendet und ein Gemisch aus Lachgas und Sauerstoff.

Fall 13S:

Bei der 31-jährigen Patientin war schon einmal ein Kaiserschnitt vorgenommen worden. Es bestand ein Missverhältnis zwischen kindlichem Kopf und mütterlichem Becken. Als Prämedikation wurde nur Atropin und Hexamid gegeben. Die Operation wurde zur Zeit der errechneten Termine durchgeführt und verlief ohne jede Komplikation.

Fall 15S:

Es handelte sich um das vierte Kind der 37-jährigen Patientin. Blutdruck, Puls, Temperatur und Urinbefund waren normal. Wegen einer Rh-Unverträglichkeit wurde in der 37. Woche der Kaiserschnitt ausgeführt. Zur Narkose wurde kein

Sauerstoff und kein Lachgas verwendet, sondern nur Evipan. Ausser Atropin und Hexamid erhielt die Patientin keine Medikation. Das Kind wog 2700 g, schrie nicht sofort, atmete aber gut.

Fall 20S:

Bei einer Querlage, Hydramnion und Verdacht auf Plazenta praevia bei einer alten Erstgebärenden lag eine ausgesprochene Risikogeburt vor. Die Operation wurde 14 Tage vor dem errechneten Termin unter Evipannarkose und künstlicher Beatmung mit Sauerstoff, aber ohne Lachgas durchgeführt. Das Kind war frisch und reichlich mit Vernix caseosa bedeckt.

Es handelt sich bei dieser Gruppe von Geburten abgesehen von Einflüssen der Narkose auf das Kind - Lachgas wurde nur in Fall 8S gegeben - um den Sauerstoffgehalt des kindlichen Blutes, der unter Bedingungen festgestellt wurde, die noch am ehesten den physiologischen Status in utero darstellen.

10.60 Vol% Sauerstoff (± 0.87) und eine 58.3 ± 5.0 prozentige Sättigung des Blutes in der Nabelschnurvene bei einer Nutzung zu $78 \pm 2.8 \%$ bedeuten eine erstaunlich grosse Menge Sauerstoff, die dem Föten zur Verfügung steht, nämlich entsprechend früheren Berechnungen 36 - 37 ccm in einer Minute (s. Tab. XIII). Besonders hoch liegt die Differenz zwischen dem Sauerstoff in der Nabelschnurvene und der Nabelschnurarterie: 8.20 ± 0.69 Vol%, bei einem äusserst niedrigen Gehalt an Sauerstoff in der Arterie von 2.40 Vol%. Das erstaunt umso mehr, wenn man bedenkt, dass die Aorta descendens, deren Ast ja die Arteria umbilicalis ist, auch nicht mehr Sauerstoff führt als diese, und somit die unteren Körperregionen und die abdomonellen Organe mit Ausnahme der Leber nur 2.40 ccm Sauerstoff mit 100 ccm Blut erhalten, während es bei den normalen vaginalen Geburten doch immerhin 3.78 Vol% waren. Freilich, um eine bindende Aussage machen zu können, haben wir in dieser Gruppe zu wenig Fälle erfasst. Daher sei auf einige einzelne Werte eingegangen.

Der niedrigste Sauerstoffgehalt in der Nabelschnurvene ist im Falle 15S gefunden worden. Hier wurde der Patientin, bis die Nabelschnur unterbunden war, kein Sauerstoff zu atmen gegeben. Wie wir auf Seite 26 berichtet haben, hat die Sauerstoffgabe bei normalen Geburten einen etwas steigenden Effekt auf die Oxydation des kindlichen Blutes. Auf Grund der in der Literatur angegebenen Verhältnisse sei bei Kaiserschnitten eine grössere Wirkung eingeräumt. Wenn das Neugeborene auch nach der Geburt ein wenig benommen war, bestätigt dieser Befund doch diese Ansicht, denn die übrigen Werte, bei denen die Mutter mit Sauerstoff beatmet worden war, liegen um einiges höher.

Im Falle 20S enthält das Blut aus der Nabelschnurarterie nur noch eine ganz geringe Menge an Sauerstoff, wie es eigentlich nur bei komplizierten Geburten gesehen wird. Letztlich weiss man aber mit derartigen Werten noch nicht viel anzufangen, denn es klingt unvorstellbar, zu sagen, ein grosser Teil des kindlichen

T A B E L L E X I I I

Die Sauerstoffwerte des Nabelschnurvenen- (NVO_2) und des Nabelschnurarterienblutes (NAO_2), rechts daneben die prozentuale Sättigung und die Kapazität ($\text{O}_2\text{Kap.}$) und die a - v - Differenz ($\text{O}_2\text{Diff.}$). Dazu ist der Nutzungskoeffizient (Nutz) für den Sauerstoff errechnet bei Kaiserschnitten die vor Beginn der Wehentätigkeit und unter völlig normalen Verhältnissen des Kindes durchgeführt wurden.

Fall	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	$\text{O}_2\text{Kap.}$	$\text{O}_2\text{Diff.}$	Nutz.
8S	14.26	73.8	3.87	20.1	19.29	10.39	72.9
13S	10.60	--	--	--	--	--	--
15S	7.29	40.0	1.61	8.8	18.23	5.58	77.9
20S	10.26	51.1	1.72	8.6	20.06	8.54	83.2
Mittelwerte							
	10.60	58.3	2.40	9.2	19.28	8.20	78.0

Körpers müsse sich mit diesem Blute für Wachstum und Erhaltung begnügen.

Den die Arterialisierung des Blutes senkenden Einfluss einer Lachgasnarkose, den besonders SMITH (42) beschrieben hat mit einer mittleren Sättigung zu 33 %, konnten wir wenigstens im Falle 8S nicht bestätigen.

Wir wollen dieser Gruppe von Kaiserschnitten, die am wehenlosen Uterus durchgeführt worden sind, eine zweite Gruppe gegenüberstellen, bei der man sich erst nach mehr oder weniger langer Wehentätigkeit zu der Operation entschlossen hatte, bei der aber in keinem Falle vorher ein Zeichen kindlicher Sauerstoffnot festgestellt werden konnte.

T A B E L L E X I V

Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene und -arterie (NVO_2 bzw. NAO_2) in Vol% und rechts daneben jeweils die prozentuale Sättigung (%Sätt.) gemäss der Sauerstoffkapazität ($\text{O}_2\text{Kap.}$), die arterio-venöse Differenz ($\text{O}_2\text{Diff.}$) und die Sauerstoffnutzung bei Kaiserschnitten mit normalen kindlichen Verhältnissen, jedoch nach längerer Wehentätigkeit.

Fall	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	$\text{O}_2\text{Kap.}$	$\text{O}_2\text{Diff.}$	Nutz.
3S	11.23	55.8	1.90	9.4	20.14	9.33	83.1
10S	6.31	28.6	1.83	8.3	22.09	4.48	71.0
12S	8.20	38.1	0.73	3.4	21.50	7.47	91.1
21S	13.64	59.3	4.74	20.6	23.00	8.90	65.2
5S	10.88	49.7	2.39	10.9	21.95	8.49	77.1
Mittelwerte							
	10.05	46.3	2.32	10.5	21.74	7.73	77.5

Der Besprechung sei eine Beschreibung der einzelnen Fälle vorangestellt.

Fall 3S:

Die 35 Jahre alte Drittgebärende stand in der 35. Woche der Schwangerschaft. Die Patientin kam mit vorzeitigem Blasensprung und sehr leichten Wehen, die vor 1 - 1 1/2 Stunden begonnen hatten, in die Klinik. Blutdruck, Urin und Puls waren o.B. Die Untersuchung ergab eine Querlage. Die kindlichen Herztöne lagen bei 128, als sie das letzte Mal gemessen wurden. Die Operation brachte keine Schwierigkeiten mit sich. Das Kind wog 2450 g und trug nur wenige Zeichen von Unreife.

Fall 10S:

Bei der 37-jährigen drittgebärenden Patientin ballotierte der kindliche Kopf noch immer über dem Beckeneingang nach 3 - 4 stündigen kräftigen Wehen. Der Muttermund war auf 6 cm geöffnet, die Blase prall vorgewölbt. Es bestand ein allgemein verengtes Becken bei sehr grossem kindlichen Kopf. Die Patientin wurde schon einmal durch Sectio entbunden. Blutdruck, Puls und Urin zeigten keine pathologischen Befunde. Die Operation wurde unter intraduraler Leitungsanästhesie durchgeführt mit künstlicher Sauerstoffbeatmung. Nur die Extraktion des Kindes aus dem geöffneten Uterus gestaltete sich etwas schwierig.

Fall 12S:

Die Patientin wurde mit einer vorzeitigen Lösung der Plazenta und starker uteriner Blutung eingeliefert. Die Schwangerschaft stand in der 38. Woche. Es bestanden leichte Wehen. In einer äusserst rasch ausgeführten Operation wurde das Kind entwickelt; es war frisch, nahezu reif und schrie sofort. Geburtsgewicht 2850 g. Die

Patientin hatte als Prämedikation nur Atropin und Hexamid erhalten. Zur Narkose wurde bis zur Durchtrennung der Nabelschnur kein Sauerstoff und kein Lachgas gegeben.

Fall 21S:

Nach 10-stündiger, zum Teil kräftiger Wehentätigkeit war noch immer kein Fortschritt der Geburt zu erkennen. Die 24-jährige erstgebärende Patientin war völlig erschöpft, und die Wehen liessen nun nach. Es handelte sich um eine Steisslage bei etwas verengtem Becken. Die Operation in spinaler Leitungsanästhesie ohne Sauerstoff- und Lachgasatmung verlief glatt. Das Kind war reif, kräftig und frisch.

Fall 5S:

Bei der 27-jährigen Erstgebärenden wurde wegen Geburtsstillstandes und verengtem Becken eine Sectio ausgeführt. Trotz mehrstündigen Wartens bei kräftigen Wehen trat auch nach dem Blasensprung der vorangehende Teil nicht tiefer in das Becken ein. Die kindlichen Herztöne waren nur geringfügig beschleunigt. Das Kind war frisch. Geburtsgewicht 3600 g. Der interne Befund der Mutter war normal.

Die geringe Zahl der Fälle aus dieser Gruppe erlaubt keine definitive Aussage. Es scheint aber die Sauerstoffsättigung im Blute der Nabelschnurvene bevor die Wehen einsetzen etwas höher zu sein. Auf jeden Fall konnten wir die von HASELHORST und STROMBERGER (18) in einer der frühesten Arbeiten über dieses Gebiet vertretene Anschauung, die Wehen würden einen sauerstoffsteigernden Einfluss auf das fötale Blut ausüben, nicht bestätigen, wie auch in der Literatur überwiegend gegenteilige Befunde angegeben werden.

Die übrigen Werte bewegen sich in derselben Höhe wie vor der Wehentätigkeit. Im Falle 12S und 21S wurde der Mutter unter der Geburt kein Sauerstoff zu atmen gegeben. Die Werte liegen im Verhältnis zu den übrigen ziemlich hoch, so dass schon unter der relativ geringen Wehenbelastung, unter der das Kind stand - wir nennen diese Fälle ja "normal" - die Sauerstoffatmung vor der Geburt erneut in Frage gestellt ist.

Bei Fall 10S mag das Kind mehr beansprucht worden sein als in den anderen Fällen, da das Hervorholen des kindlichen Kopfes aus der geöffneten Gebärmutter etwas schwierig gewesen ist. Der Sauerstoffgehalt liegt entsprechend niedriger.

Um nun im Vergleich zu den vaginalen Geburten einen besseren Durchschnittswert zu erhalten, sollen diese beiden Gruppen von Schnittentbindungen in eine zusammengefasst werden (Tabelle XV). Die weitgehende Ähnlichkeit ihrer Ergebnisse berechtigt dazu. Da sich der Unterschied, ob die Mutter reinen Sauerstoff während der Geburt zu atmen erhielt oder nicht, nur im Sauerstoffge-

halt des Blutes der Nabelschnurvene um 0.88 Vol% bemerkbar macht (Tabelle XV), und die Zahl der Fälle für eine Signifikanz unzureichend ist, kann man auch diesen Faktor ausklammern.

T A B E L L E X V

Die Sauerstoffergebnisse aus beiden Gruppen normaler Kaiserschnitte in eine zusammengefasst (= gesamter Wert, 9 Fälle). NVO_2 und NAO_2 bedeuten den Sauerstoffgehalt in Vol% aus dem Blute der Vena bzw. Arteria umbilicalis, daneben die jeweilige prozentuale Sättigung, die arteriovenöse Differenz in Vol% und die Sauerstoffnutzung. Zum Vergleich sind die Werte mit und ohne Sauerstoffatmung der Mutter und die Durchschnittswerte der normalen vaginalen Geburten aus der Tab. I angegeben, sowie die statistische Signifikanz des Unterschiedes zwischen operativer und vaginaler Entbindung.

	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	O_2 Diff.	Nutz.
Kaiserschnitt						
mit O_2 -Atmung	10.59	51.8	2.34	9.5	8.25	77.5
ohne O_2 -Atmung	9.71	45.5	2.36	10.9	7.35	78.1
gesamter Wert	10.30	49.5	2.35	10.0	7.91	77.7
vag. Entbindung	8.53	38.8	3.78	17.7	5.01	53.7
Tabelle I						
Signifikanz	-	-	+	-	+	+
p	< 0.1	> 0.05	0.01	0.1	$< 10^{-4}$	$< 10^{-7}$
		< 0.1				

Bei den Rubriken, bei denen keine Signifikanz erreicht werden konnte, liegt die Wahrscheinlichkeit höher als 10 : 1 für den grösseren Wert.

Somit kommen wir zu folgendem Ergebnis (Tab. XV):

1. Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene liegt vor der Geburt um durchschnittlich 10 % höher als während, bzw. unmittelbar nach der Geburt. Das errechnete p reicht zwar für eine Signifikanz nicht aus, aber unsere Angabe beruht auf einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit.
2. Die arterio-venöse Differenz ist in utero mit 7.91 Vol% bedeutend höher als nach der Geburt, wo sie nur 5.01 Vol% beträgt. Dieser Unterschied trägt sehr hohe Signifikanz.
3. Bei einem Sauerstoffgehalt von 2.35 Vol% und einer 10 % Sättigung des Blutes der Nabelschnurarterie ist die Sauerstoffnutzung bei den Geburten durch Sectio mit

völlig normalem Allgemeinzustand des Kindes, eben 'vor der Geburt', wesentlich höher als nach der Geburt auf normalem Wege. Es liegt höchste Signifikanz vor. Während der Nutzungskoeffizient nach vaginaler Geburt 53.7 % betrug, ist er hier um 1/3 und mehr oder 24.0 grösser.

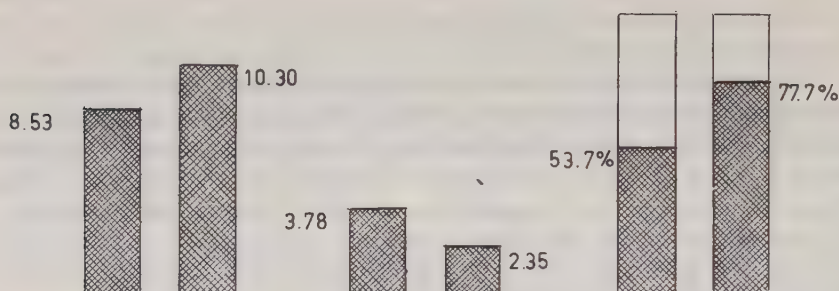


ABBILDUNG 20:

Gegenüberstellung der Ergebnisse bei vaginaler Entbindung und Sectio caesarea: Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene, der Nabelschnurarterie und die prozentuale Sauerstoffnutzung.

B. Der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurgefäße bei Kaiserschnitten, die vor allem wegen einer akuten Gefahr des Kindes durchgeführt wurden.

1. Kaiserschnitte bei unregelmässigen kindlichen Herztönen, aber ohne Asphyxie oder Cyanose.

Unter unserem Material befinden sich 7 Kaiserschnitte, die unter anderem wegen Unregelmässigkeiten der kindlichen Herztöne unternommen worden sind. Zur Einleitung der Narkose wurde in allen Fällen Evipan verwendet. Bei künstlicher Beatmung mit reinem Sauerstoff wurde die Gabe von Lachgas so lange hinausgezögert, bis das Kind geboren war. Im Falle 11S wurde eine intradurale Leitungsanästhesie angelegt. Den Ergebnissen sei eine kurze Kasuistik der einzelnen Fälle vorgestellt.

Fall 6S:

Bei der 35-jährigen Erstgebärenden war der Termin um eine Woche überschritten. Nach wiederholt versuchter Einleitung der Geburt, sanken die kindlichen Herztöne auf 120 - 100 ab. Der Muttermund war erst für einen Finger durchgängig. Ausserdem war die Patientin vor kurzem wegen einer Chorioretinitis anterior und Keratitis parenchymatosa in Behandlung. Über 2 Stunden lang bestand eine leichte Wehentätigkeit. Die Operation verlief unter Evipannarkose und künstlicher Sauerstoffbeatmung komplikationslos. Das Kind zeigte Hautabschürfungen und Wasch-

frauenhände und wog 3680 g. Das Fruchtwasser war hell. Es bestand keine Cyanose oder Asphyxie.

Fall 4S:

Die 27-jährige Erstpara hatte 12 Stunden lang mittelstarke Wehen. Der Muttermund öffnete sich nur ganz wenig. Das Abdomen der Patientin war gespannt, der Blutdruck 160/100 mm Hg. Die kindlichen Herztöne waren beschleunigt. Während der Operation, die unter Evipannarkose und Sauerstoffbeatmung durchgeführt wurde, stellte sich ein Dünndarmileus heraus. Das Kind war noch nicht ganz reif und wog 2560 g. Es war aber weder asphyktisch noch cyanotisch.

Fall 9S:

Es handelte sich um eine 29-jährige Erstpara. Nach vorzeitigem Blasensprung und langer Geburtsdauer beschleunigten sich die kindlichen Herztöne. Die interne Untersuchung der Mutter ergab keinen pathologischen Befund.

Fall 11S:

Angeichts des Alters (30 Jahre) der Erstgebärenden und da die Herztöne über eine Stunde lang unregelmässig waren und schliesslich auf 180 stiegen, wurde der Entschluss zum Kaiserschnitt gefasst. Die Operation verlief unter spinaler Leitungsanästhesie und künstlicher Beatmung mit reinem Sauerstoff glatt. Das Kind zeigte weder Asphyxie noch Cyanose.

Fall 16S:

Bei der 26-jährigen Erstgebärenden liessen die Wehen nach einer über 7 Stunden sich hinziehenden Eröffnungsperiode und Geburtseinleitung wegen Übertragung (42. Woche) nach. Die Herztöne wurden unregelmässig und sanken auf 120 - 104 Schläge in der Minute ab. Zur Narkose wurde Evipan gegeben und mit Sauerstoff beatmet. Das Kind begann allerdings schon zu schreien, bevor das Hinterhaupt geboren war (Steisslage). Es war sehr frisch und in gutem Allgemeinzustand.

Fall 18S:

Wegen Übertragung und schlechter Herztöne zwischen 60 und 150 pro Minute mit starker Arrhythmie wurde bei der 21-jährigen Erstgebärenden der Entschluss zur Schnittentbindung gefasst. Ein dreimaliger Versuch, die Geburt einzuleiten, hatte nur zu leichten Wehen geführt. Das Kind kam nicht ganz frisch zur Welt, atmete aber gut und erholte sich rasch. Das Fruchtwasser war grünlich verfärbt.

Fall 19S:

Nach 22-stündiger Geburtsdauer zeigte sich bei der 28-jährigen Erstgebärenden noch immer kein Fortschritt. Es kam bei verengtem Becken zum Geburtsstillstand. Die kindlichen Herztöne fielen auf 100 - 80 pro Minute ab. Die Sectio wurde mit Intubationsnarkose, Evipan und Sauerstoffbeatmung durchgeführt. Das Kind war träge und schläfrig und leicht cyanotisch. Der Kopf war durch Impression von der Symphyse stark deformiert.

T A B E L L E X V I

7 Kaiserschnitte mussten wegen Unregelmässigkeiten der kindlichen Herz-
töne ausgeführt werden. Es stellte sich jedoch keine Asphyxie oder Cyanose in
stärkerem Masse heraus. Der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurvene und Nabel-
schnurarterie sind unter NVO_2 bzw. NAO_2 angegeben, rechts davon jeweils die
prozentuale Sättigung (%Sätt.), ferner die Sauerstoffkapazität (O_2 Kap.), die
Sauerstoffdifferenz (O_2 Diff.) und der Nutzungskoeffizient (Nutz.) für den Sauer-
stoff.

Fall	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	O_2 Kap.	O_2 Diff.	Nutz.
6S	15.96	76.8	7.75	37.3	20.75	8.23	51.6
4S	2.28	14.3	0.83	5.0	16.61	1.55	68.0
9S	10.37	--	--	--	--	--	--
11S	5.57	--	0.95			4.62	82.9
16S	16.30	74.7	--	--	21.81	--	--
18S	9.16	45.6	3.75	18.7	20.10	5.41	59.1
19S	7.78	38.7	1.65	8.2	20.08	5.13	65.9
Mittelwerte							
	9.63	50.0	2.99	17.3	19.84	4.99	65.5

Man erkennt, dass die einzelnen Fälle weit mehr nach unten und nach
oben variieren, als es bei den normalen Kaiserschnitten der Fall war. Immerhin
liegen aber die Werte gegenüber den komplizierten Fällen vaginaler Entbindung
sehr hoch, wenn man überdies die oft dringenden Umstände bedenkt, unter denen
die Indikation zur Operation gestellt wurde. Wir können die Resultate fast denen
der Tabelle XV einreihen, bis auf einige wenige, bei denen eine deutliche Reduk-
tion des Sauerstoffniveaus zu sehen ist. Die arterio-venöse Differenz allerdings
und der Nutzungskoeffizient für den Sauerstoff liegen etwas tiefer. Jedoch wollen
wir dem keine allzu grosse Bedeutung zumessen, da diese Werte nur aus 5 Fäl-
len errechnet sind, von denen ohnehin nur zwei einen wesentlich verringerten
Sauerstoffgehalt aufweisen. Ausser diesen beiden, Fall 4S und 11S, bewegen sich
die Ergebnisse im Bereiche der Norm. Fall 6S und 16S scheinen sogar besonders
hoch zu sein, wobei wir bei letzterem eine Atmung des Kindes vor dem Abklem-
men der Nabelschnur nicht ausschliessen können.

Im grossen und ganzen können wir sagen, dass in den meisten Fällen, in
denen ein dringender Notzustand des Kindes vermutet worden ist, gar kein so aku-
tes Geschehen vorlag. Erstaunlicherweise hat das Kind immer wieder die Fähig-
keit, sich zu erholen. Ob es aber eine vaginale Geburt überstanden hätte, ist
eine andere Frage und zu mindesten aus der Vorgeschichte zweifelhaft.

Zusammenfassend wollen wir diese Gruppe als reduziert, aber doch noch als ausreichend mit Sauerstoff versorgt ansehen.

2. Kaiserschnitte, bei denen sich später eine Cyanose oder Asphyxie des Kindes herausgestellt hat.

Eine letzte Gruppe von Kaiserschnitten endlich bezeichnet Fälle, bei denen das Kind eine beträchtliche Sauerstoffnot erlitten hat und mit Cyanose oder Asphyxie geboren wurde. Jedoch dürfte der Grad des Mangels nicht so stark gewesen sein wie bei der entsprechenden Gruppe vaginaler Geburten. Man muss bedenken, dass dort dem Kinde der Hauptschaden in den untersten Abschnitten des Geburtsweges zugekommen ist, also in einer buchstäblich viel bedrängteren Lage als hier, wo dieser Weg nicht passiert und die Entbindung auf die für das Kind schonendste Weise durchgeführt wurde.

Immerhin liegen der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene mit 4.85 Vol% (Tab. XVII) $\pm$ 1.44 und die entsprechende Sättigung zu 25.4 $\pm$ 9.2 % in einem ziemlich tiefen Bereich, ebenso die Werte für das Blut der Nabelschnurarterie mit 1.92 Vol% und 9.2 % Sättigung. Die arterio-venöse Differenz beträgt nur noch 3.82 Vol% gegenüber 7.78 Vol% bei den normalen Fällen. Die prozentuale Nutzung des Sauerstoffes ist aber sehr hoch (76.3 %), was den Befunden mit Asphyxie und Cyanose des Kindes bei vaginalen Geburten entspricht. Im Falle 1S ist sie sogar ungewöhnlich hoch bei 92.9 %. Die Nabelschnurarterie enthält dabei nur noch 0.17 Vol% Sauerstoff, was den niedrigsten Wert, den wir bei allen Untersuchungen gefunden haben, bedeutet. Wegen der geringen Anzahl der Fälle, aus denen sich diese Ergebnisse zusammensetzen, wurden keine statistischen Berechnungen angestellt. Nur der Sauerstoffgehalt in der Nabelschnurvene ist gegenüber den normalen Fällen mit hoher Wahrscheinlichkeit reduziert ($p < 0.1$ bzw. $< p 0.05$).

T A B E L L E X V I I

Hier sind die Fälle von Schnittentbindungen erfasst, die mit Cyanose oder Asphyxie des Kindes einhergingen. Man vergleiche damit die Tabelle VIII mit den entsprechenden vaginalen Geburten. NVO₂ und NAO₂ bedeuten den Sauerstoffgehalt der Vene bzw. der Arterie der Nabelschnur, %Sätt. rechts daneben die prozentuale Sättigung gemäss der Sauerstoffkapazität (O₂Kap.). O₂Diff. = arterio-venöse Differenz und Nutz. = die Sauerstoffnutzung.

Fall	NVO ₂	%Sätt.	NAO ₂	%Sätt.	O ₂ Kap.	O ₂ Diff.	Nutz.
1S	2.42	13.3	0.17	0.9	18.14	2.25	92.9
2S	9.02	43.4	3.64	17.5	20.79	5.38	59.6
7S	3.82	19.4	--	--	19.71	--	--
14S	4.12	--	--	--	--	--	--
Mittelwerte	4.85	25.4	1.92	9.2	19.55	3.82	76.3

Fall 1S:

Bei der 35-jährigen III-Para erweitert sich während 22-stündigen leichten bis mittelstarken Wehen der Muttermund wiederholt unter Dolantin, Atosil und Orasthin auf 3 - 4 cm, schliesst sich aber wieder. Digitale Erweiterung, Sprengung der Fruchtblase und Applikation weiterer Wehenmittel führen nicht zum Ziel. Die Patientin hat eine erhebliche Adipositas, das Herz ist nach links erweitert. Es besteht eine Tachycardie. Das Fruchtwasser ist grün verfärbt, die Herztöne sind aber unauffällig. Bei der Operation wird ein asphyktisches Kind entwickelt mit Epidermisablösungen und Waschfrauenhänden. Zur Narkose wurde Evipan und Sauerstoff verwendet.

Fall 2S:

Die 39 Jahre alte zweitgebärende Patientin kommt mit guten, kräftigen Wehen, die aber sehr schmerzhaft sind, zur Aufnahme. Es wurde schon einmal eine Sectio durchgeführt. Da nach 10-stündiger Wehendauer und bei fast vollständigem Muttermund der Kopf immer noch nicht in das Becken eingetreten ist und das Fruchtwasser grün abfließt, wird der Entschluss zur Sectio gefasst. Trotz guter Herztöne vor der Operation ist das Kind ziemlich asphyktisch. Narkose: Evipan und Sauerstoff.

Fall 7S:

Bei der 30-jährigen Zweitgebärenden ist nach dreimaliger Einleitung immer noch kein Geburtsfortschritt zu erkennen. Es besteht ein hoher Gradstand. Das Fruchtwasser ist klar. Schliesslich steigen die Herztöne des Kindes auf 160 - 170 an. Die Narkose wurde mit Evipan eingeleitet und mit einem Sauerstoff - Lachgasgemisch fortgesetzt. Das Kind war stark cyanotisch, schrie aber sogleich heftig.

Fall 14S:

Dieser Kaiserschnitt wurde bei einer 27-jährigen Drittgebärenden unternommen. Drei Stunden lang bestanden kräftige Wehen. Die Schwangerschaft stand in der 43. Woche. Als daher die kindlichen Herztöne unregelmässig wurden, entschloss man sich zur Sectio. Das Fruchtwasser war grünlich verfärbt und das Kind ziemlich cyanotisch.

Vergleich mit der Literatur

Über den Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurgefäße bei Kaiserschnitten ist schon viel geschrieben worden. Schon die alten Versuche von BARCROFT (4 u. 5) wurden an Tieren durch Eröffnen des Abdomens durchgeführt. 1930 stellte EASTMAN (14) allgemein fest, dass der Sauerstoffgehalt bei Kaiserschnitten um 3 Vol% höher liegt als bei normalen Geburten, was mit unseren Ergebnissen übereinstimmt. Er gibt 13.3 Vol% und 64 % Sättigung für die Vene und 6.3 Vol% und eine Sättigung von 30 % für die Arterie der Nabelschnur an. Sehr niedrige Werte berichten HASELHORST und STROMBERGER (18), nämlich 3.53 bzw. 0.94 Vol%. Dagegen ist eine 73.7 prozentige Sättigung bei spinaler Anästhesie nach DIECKMAN und KRAMER (11) ziemlich hoch.

Auch WALKER (51) verneint einen wesentlichen Einfluss der Wehentätigkeit auf die Sauerstoffaufladung des Blutes, wenigstens solange es sich um normale Fälle handelt. Er fand eine Sättigung von 56.6 % bzw. 23.7 % (50) und von 60 % bzw. 30 % bei einem Sauerstoffgehalt von 12 Vol% bzw. 8 Vol% für die Vene bzw. die Arterie der Nabelschnur. Die arterio-venöse Sauerstoffdifferenz liegt bei ihm zwischen 6 und 7 Vol%. Weitere Angaben über die Sauerstoffsättigung des arterialisierten fötalen Blutes finden sich bei CLEMETSON und CHURCHMAN (8): 43.1 %, MAC KAY (25): 42.7 % und ROUTH (38): 42.0 % bei Inhalationsnarkose und 53 % bei lokaler Anästhesie. PRYSTOWSKY (34) konnte bei Sectio abdominalis 11.7 und 16.2 Vol% Sauerstoff im Nabelschnurvenenblut messen. Der Partialdruck wurde von VASICKA (48) mit 16.8 mm Hg und von QUILLIGAN (35) mit 23.3 mm Hg angegeben.

Der etwas erhöhte Sauerstoffgehalt bei Kaiserschnitt ist für das Kind nicht unbedingt von Vorteil. Er verringert den Antrieb zur Atmung, und die normale Höhe des Sauerstoffspiegels im Blute nach der Geburt wird langsamer erreicht als nach vaginalen Entbindungen (MONTGOMERY 29). Nach 15 - 20 Minuten sollte er nämlich 79 % und nach einer Stunde 85 % erreicht haben, ist nach Sectio aber erst auf 68 % zu einer viertel und auf 76 % in einer Stunde gestiegen. Die Kindersterblichkeit nach Kaiserschnitt beruht zu einem grossen Prozentsatz auf Atelektasen und hyalinen Membranen der Lunge.

Eine zusammenfassende Übersicht über die wichtigsten bisher besprochenen Gruppen von Geburten soll dieses Kapitel abschliessen. In der Tabelle XVIII sind die jeweiligen mittleren Werte untereinander geschrieben und in der Abbildung 21 in einer schematischen Darstellung der wichtigste dieser Werte, der Sauerstoffgehalt im Blute der Nabelschnurvene, dargestellt.

T A B E L L E XVIII

Vergleichende Zusammenstellung der bisherigen Ergebnisse. Aus den entsprechenden Tabellen sind die Mittelwerte entnommen. NVO_2 und NAO_2 = Sauerstoffgehalt der Vene bzw. der Arterie der Nabelschnur, daneben die prozentuale Sauerstoffsättigung, die arterio-venöse Differenz (O_2 Diff.) und der Nutzungskoeffizient für den Sauerstoff (Nutz.).

Geburtengruppe	Tab.	NVO_2	%Sätt.	NAO_2	%Sätt.	O_2 Diff.	Nutz.
normal, vaginal Luftatmung	I	8.53	38.8	3.78	17.7	5.01	53.7
normal, vaginal O_2 -Atmung	III	9.36	43.0	3.79	17.4	5.37	56.8
normal, Sectio	XV	10.30	49.5	2.35	10.0	7.91	77.7
Asphyxie und Cyanose, vagin.	VIII	3.41	15.4	0.93	4.3	2.10	62.1
Asphyxie und Cyanose, Sectio	XVII	4.85	25.4	1.92	9.2	3.82	76.3
kompl., vaginal O_2 -Atmung	V	3.72	17.3	1.61	7.6	1.66	52.6
normal beim Erwachsenen		18-21	96-97	12-15	70	4-6	20-30

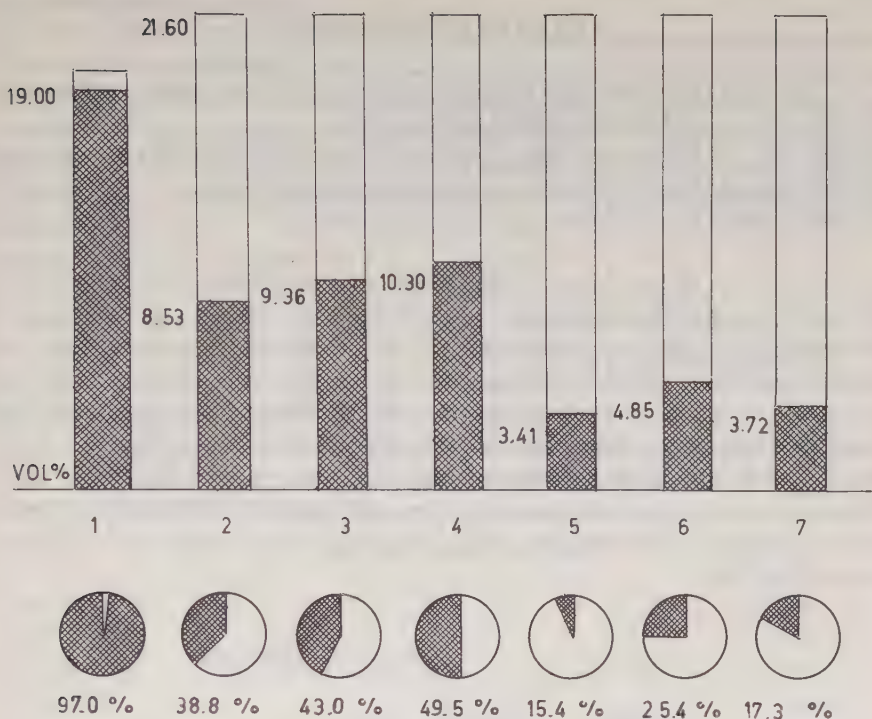


ABBILDUNG 21:

Schematische Zusammenfassung der wichtigsten unserer Blutgasanalysen. Die weiße Säule stellt die Kapazität des Blutes dar, die beim Erwachsenen geringer ist als beim Neugeborenen (1). Schwarz ist der Gehalt des Blutes der Nabelschnurvene an Sauerstoff eingezeichnet. Die schwarzen Kreissektoren bedeuten die prozentuale Sauerstoffsättigung.

1 = beim Erwachsenen

2 = bei normalen vaginalen Geburten und Luftatmung d. Mutter

3 = bei normalen vaginalen Geburten und Sauerstoffatmung

4 = bei normalen Kaiserschnitten

5 = bei vaginalen Geburten mit Asphyxie od. Cyanose d. Kindes

6 = bei Kaiserschnitten mit Asphyxie od. Cyanose des Kindes

7 = bei komplizierten vaginalen Geburten mit Sauerstoffatmung.

DAS HYPOXIEPROBLEM

Um den relativ niedrigen Sauerstoffgehalt des fötalen Blutes verstehen zu können, muss man folgende Umstände betrachten:

1. den Weg und die Art und Weise, wie der Sauerstoff in das fötale Blut gelangt,
2. die Eigenschaften des fötalen und des mütterlichen Blutes,
3. den fötalen Sauerstoffverbrauch und Stoffwechsel.

1. Das Blut, das in der Arteria uterina der Mutter zur Plazenta fließt, ist zu 94 - 96 %, nach COMROE (9) und CREHAN (10) zu 97.5 % mit Sauerstoff gesättigt. Es ergießt sich in die intervillösen Räume der Plazenta und mischt sich dort, wenigstens zum Teil, mit dem abfließenden venösen Blut. Die eigentliche Sauerstoffquelle des Föten, das intervillöse Blut, ist also ein Mischblut (Abb. 22). Der Sauerstoffgehalt dieses Blutes wird von verschiedenen Autoren angegeben. Nach VASICKA (48) beträgt er 33.1 mm Hg, nach Quilligan (35) 23.3 mm Hg, was eine etwa 50 prozentige Sättigung des Blutes bedeutet. PRYSTOWSKY (32) fand 37.5 mm Hg oder eine Sättigung zu 66.3 % (vergl. die Sauerstoffdissoziationskurve Abb. 24).

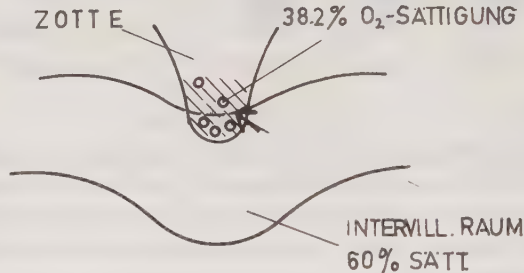


ABBILDUNG 22:

Schematische Darstellung des intervillösen Raumes der Plazenta mit einer in das mütterliche Blut eintauchenden fötalen Zotte, deren Stroma und Kapillaren angedeutet sind. Die Sauerstoffsättigung ist in Prozenten angegeben.

Um in das fötale Blut zu gelangen, muss der Sauerstoff nun folgende drei Gewebsschichten durchdringen; das Zottenepithel, das fötale Zottenstroma und das Endothel der fötalen Gefäße. Der Durchtritt durch diese Barriere geschieht durch Diffusion und ist daher vor allem von dem Sauerstoffdruckgefälle zwischen mütterlichem und kindlichem Blute ΔPO_2 abhängig. Je höher die Sauerstoffspannung im mütterlichen Blute ist und je sauerstoffärmer das Blut des Föten zur Pla-

zenta zurückfließt, desto mehr Sauerstoff Q wird in der Zeiteinheit die Plazenta-schranke passieren können.

Dieser Wert Q ist weiterhin umgekehrt proportional der Dicke des Gewebes, durch das der Sauerstofftransport geschieht, also jener drei Gewebsschichten, oder wenn man sich, um die Verhältnisse zu vereinfachen, die trennenden Schichten als eine einzige homogene Flüssigkeitsschicht vorstellt, umgekehrt proportional dem Abstand der beiden Strombahnen von einander; D. Drittens besteht eine direkt proportionale Abhängigkeit von der kleinsten die beiden Strombahnen trennenden Oberfläche A.

Wir können daher folgende Gleichung aufstellen:

$$Q = \frac{\Delta PO_2 \cdot A \cdot K}{D} \quad (\text{nach PRYSTOWSKY})$$

K bedeutet eine Konstante für dieses System.

Interessant ist in diesem Zusammenhang ein Vergleich der Druckdifferenzen PO_2 mit der Zahl der die beiden Strombahnen trennenden Schichten bei verschiedenen Tieren und beim Menschen.

	Zahl der Grenzschichten	PO_2
Ziege	5	40 mm Hg
Schaf	5	40 mm Hg
Mensch	3	20 mm Hg
Kaninchen	1	10 mm Hg

(PRYSTOWSKY (32))

Eine ganz bedeutende, vielleicht aber in den Arbeiten über die fötale Sauerstoffversorgung bisher viel zu wenig beachtete Rolle, spielt die physikalische Löslichkeit des Sauerstoffs im Plasma und in den einzelnen Schichten der Plazenta-schranke, die er passieren muss (PRYSTOWSKY 34). Wir haben über den im Blut-plasma physikalisch gelösten Sauerstoff bereits gesprochen (s. Seite 23). Nach REIN (36) beträgt er 0,23 - 0,30 Vol% beim erwachsenen Menschen unter einem Sauerstoffpartialdruck von 100 mm Hg und ist abhängig von der Temperatur. Bei einem bestimmten Partialdruck PO_2 und einer bestimmten Temperatur kann die je Liter Blutplasma gelöste Sauerstoffmenge (O_2) berechnet werden:

$$(O_2) = PO_2 \cdot \frac{\alpha}{760}$$

α bedeutet den BUNSEN'schen Absorptionskoeffizienten, der aussagt, wieviel Raumteile eines bestimmten Gases bei 760 mm Hg Partialdruck und einer bestimmten Temperatur in der Raumeinheit gelöst werden. Für den Sauerstoff im Plasma beträgt er etwas weniger als 0,02440.

Da wir es bei der Diffusion des Sauerstoffes durch die Plazenta nicht mit einem statischen, sondern mit einem dynamischen System zu tun haben, mit

einem an die verschiedensten mechanischen und funktionellen Zustände des Organismus gebundenen An- und Abstrom von Blut als Sauerstoffträger und Sauerstoffempfänger auf beiden Seiten, müssen wir noch etliche Momente berücksichtigen. So spielen für die fötale Sauerstoffversorgung vor allem kreislaufbedingte Faktoren auf der mütterlichen Seite eine bedeutende Rolle. Wie eine hyperventilierte Lunge mehr Sauerstoff in das Blut aufnehmen und mehr Kohlendioxyd abbrauchen kann, ist auch die vom Föten aufgenommene Sauerstoffmenge umso grösser, je mehr mütterliches Blut in der Zeiteinheit die Plazenta durchfliesst. Auf der anderen Seite kann bei konstantem mütterlichen Blutvolumen eine vermehrte fötale Plazentadurchblutung mehr Sauerstoff in der Zeiteinheit dem Föten zuführen, vorausgesetzt freilich, dass die mütterlichen Sauerstoffreserven ausreichen.

Über die fötale Plazentardurchblutung, ihre Beeinflussbarkeit und Pathologie liegen allerdings noch keine verwertbaren, einheitlichen Ergebnisse vor.

Neben dem mütterlichen Blutvolumen und dem Blutdruck hängt die fötale Sauerstoffversorgung weiterhin von dem Sauerstoffangebot ab. Wir können dieses als relativ konstant ansehen, da das mütterliche arterielle Blut normalerweise in allen Arterien so gut wie vollständig mit Sauerstoff gesättigt ist (96 - 98 %). Ausnahmen müssen wir freilich jegliche cardialen oder vasculären Kollapszustände, pulmonale Insuffizienzen, schwere Blutungen, Anämien, Vergiftungen u. dgl. In diesen Fällen droht dem Föten die Gefahr der intrauterinen Erstickung.

2. Eine grosse Bedeutung kommt ferner den Eigenschaften des mütterlichen und fötalen Blutes zu. Bekanntlich enthält das fötale Blut neben dem Hämoglobin des Erwachsenen noch ein besonderes fötales Hämoglobin mit einer grösseren Affinität zum Sauerstoff. Der Prozentsatz an diesem Hämoglobin ist individuell verschiedenen (KAISER 21) und nimmt mit der Reife des Kindes ab. Es ist daher bei gleichem Sauerstoffpartialdruck mit einer verschiedenen Sättigung zu rechnen. Entsprechend steigt die Dissoziationskurve des fötalen Blutes rascher und steiler an als die des Blutes eines Erwachsenen und besonders der schwangeren Frau und ist nach links verschoben (Abb. 24). Das heisst, um eine 50 prozentige Sättigung mit Sauerstoff zu erreichen, bedarf es beim Erwachsenen eines Partialdruckes von 25 mm Hg, beim Föten aber nur von 19 mm Hg (PRYSTOWSKY 33).

Die fötale Hämoglobinmenge selbst ist mit 17 g% um 20 % höher als beim Erwachsenen (EASTMAN 13), die Blutmenge beträgt 15 % des Körpergewichtes gegenüber 6.5 % beim Erwachsenen, in einem cmm Blut befinden sich 5 - 5 1/2 Mill. Erythrocyten und der Färbeindex ist 1.1 - 1.2. Ferner misst der Durchmesser eines fötalen Erythrocyten etwa 8 μ m und sein Volumen 105 μ m³, Werte, die über denen des Erwachsenen liegen (7.5 μ m, 86 μ m³).

Es ist ein ähnliches Bild wie bei Bergsteigern, die sich längere Zeit in grösseren Höhen aufhalten; das Hämoglobin ist vermehrt, es findet sich Poikilo- und Anisocytose, die Zahl der im Blut kreisenden Erythroblasten beträgt 500 - 5000 pro cmm, alles Zeichen einer erhöhten Aktivität des Knochenmarks (EASTMAN 13).

Die Fähigkeit des fötalen Gewebes, nahezu den gesamten Sauerstoff aus dem Blute zu extrahieren und zu nutzen, drückt sich in dem hohen Nutzungskoeffizienten aus. Dieser wird nach der Formel

$$N = \frac{\text{arterio-venöse Differenz} \cdot 100}{\text{Sauerstoffgehalt der Vena umb.}}$$

berechnet und beträgt beim erwachsenen Menschen mit einem arteriellen Sauerstoffgehalt von 18 - 21 Vol% und einer arterio-venösen Differenz von 5 Vol% zwischen 20 und 30 %.

Es handelt sich allerdings beim Föten nicht um die gleiche Sauerstoffnutzung, wie sie beim Erwachsenen gemessen wird. Denn bei ihm bedeutet die arterio-venöse Differenz wohl die Differenz zwischen dem in der Lunge arterialisierten Blut und dem Blut, das in den venösen Schenkeln der Kapillaren das Gewebe verlässt. Beim Föten aber bedeutet die Sauerstoffdifferenz zwischen Vena und Arteria umbilicalis einen ganz anderen Wert. In der Nabelschnurarterie befindet sich ja gar kein voll "venöses" Blut. Es ist bereits hervorgehoben worden, dass dieses Blut aus der Aorta descendens stammt (Abb. 4) und dort als "arterielles" Blut einem grossen Teil des Körpers zufliesst. So bedeuten die Differenz zwischen dem Blute der Vena und Arteria umbilicalis und damit der daraus berechnete Sauerstoffnutzungskoeffizient zwar die Endwerte eines grossen Kreislaufgeschehens von Nabelschnurgefäss zu Nabelschnurgefäss, im Einzelnen aber sieht es ganz anders aus. Das fötale Gewebe, das aus der Aorta descendens mit 3.78 ccm bzw. 2.35 ccm (Wert bei Sectio) Sauerstoff pro 100 ccm Blut gespeist wird, muss die Fähigkeit besitzen, aus diesem äusserst geringen Angebot seinen Bedarf zu decken, so dass das Blut der Vena cava inferior nahezu völlig frei von Sauerstoff sein muss. Doch liegt es in der Natur der Sache, dass darüber keine Untersuchungen vorliegen. Die Sauerstoffnutzung muss aber in Wirklichkeit eine nahezu 100-prozentige sein.

Die messbaren Werte der Sauerstoffnutzung sind in der Abbildung 23 schematisch dargestellt und betragen bei normalen Geburten 53.7 % (Tab. I), bei vaginalen Geburten mit Asphyxie oder Cyanose des Kindes 62.1 % (Tab. VIII), bei Kaiserschnitten unter normalen Bedingungen 77.7 % (Tab. XV) und mit kindlicher Asphyxie bis zu 92.9 % (Tab. XVII). Man kann daraus schön erkennen, wie mit zunehmender Hypoxie das fötale Gewebe dem Blut mehr Sauerstoff entzieht.

Auf diese Weise steht dem Gewebe aller vorhandene Sauerstoff zur Verfügung und werden anoxische Schäden nach Möglichkeit verhindert. Ein solches sauerstoffreies Blut muss wegen des Mangels an oxydiertem Hämoglobin einen relativ hohen pH - Wert besitzen, denn das Oxy-Hämoglobin ist eine 70mal stärkere Säure als das reduzierte Hämoglobin, und da bei höherem pH die Sauerstoffdissoziationskurve steiler verläuft, die höchste Bereitschaft, neuen Sauerstoff aufzunehmen.

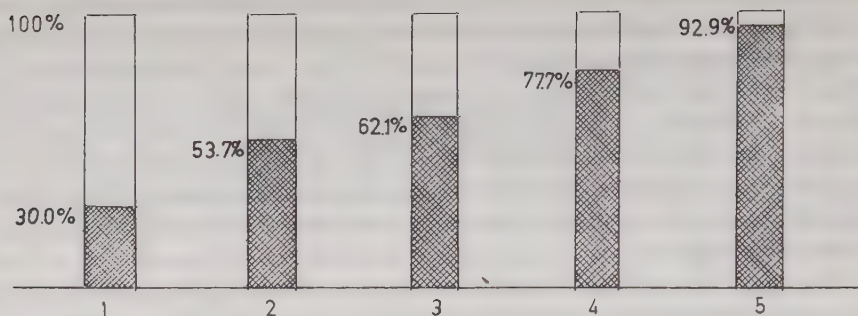


ABBILDUNG 23:

Die prozentuale Nutzung des Sauerstoffs im Blut: 1= beim Erwachsenen, 2= bei normaler vaginaler Entbindung ohne zusätzliche Sauerstoffatmung, 3= bei vaginaler Entbindung mit Asphyxie oder Cyanose des Kindes, 4= bei normalen Kaiserschnitten und 5= der extremste Fall bei Kaiserschnitt mit Asphyxie und Cyanose des Kindes.

3. Der Sauerstoffbedarf selbst des Föten ist wesentlich geringer als der des Erwachsenen. Viele energieverbrauchende Funktionen werden von der Plazenta übernommen, wie ein grosser Teil der Entschlackungs- und Entgiftungsvorgänge. Der gastrointestinale Trakt verbraucht so gut wie gar keine Leistungenergie, eine Wärmeregulation ist durch das den Föten von allen Seiten umgebende Fruchtwasser unnötig. Schon allein da dergleichen Mechanismen dem kindlichen Organismus in utero erspart bleiben, bedarf er einer geringeren Menge Sauerstoffs.

Die Sauerstoffzufuhr ist eine kontinuierliche und kennt nicht die dem Rhythmus der Atmung entsprechenden Schwankungen der O_2 - CO_2 - Proportion, wie sie bei der Lungenatmung auftreten. Diese liegen immerhin bei tiefer langsamer Atmung um 5 % Sättigungsdifferenz (MATHES 26). Die gesteigerte Herzfrequenz des Föten hilft ebenfalls die Sauerstoffmindersättigung mildern.

Ein hoher Prozentsatz der fötalen Energie dürfte durch anaerobe Stoffwechselvorgänge gedeckt werden können (SMITH 43). Diese Annahme anaerober Energiequellen für das intrauterine Leben stützt sich auf die Tatsache, dass der Pyruvat- und Laktatgehalt des Nabelschnurblutes höher ist als der des mütterlichen Blutes (BELL 6). Die grosse Resistenz des Föten gegenüber Anoxie nimmt mit zunehmender Reife ab und verschwindet im Tierexperiment ganz, wenn man den anaeroben Stoffwechsel ausschaltet (HIMWITCH 19). Vor allem im frühen embryonalen Leben, im Stadium der Organogenese stellt der anaerobe Stoffwechsel eine bedeutende Energiequelle dar (ROMNEY 37). Selbst die Plazenta zeigt glykolytische Aktivität, die sie allerdings am Ende der Gravidität zu verlieren scheint.

Der Fötus kann also einen hohen Grad von Hypoxämie über lange Zeit ertra-

gen und überleben, kann aber auch Schädigungen des Zentralnervensystems davontragen (SCHREIBER 39), obwohl der cerebrale Stoffwechsel, wenigstens der des Cortex herabgesetzt ist (TYLER 46).

Überdenken wir rückblickend all diese Faktoren, besonders die Eigenheiten des fötalen Blutes als Sauerstoffträger, den Stoffwechsel und Energiebedarf und den hohen Index der Sauerstoffnutzung durch das fötale Gewebe, so erkennen wir klar, dass dem Föten trotz des relativ niedrigen Gehalts des Nabelschnurblutes an Sauerstoff tatsächlich eine beträchtliche Menge Sauerstoff zur Verfügung steht, und dass von einer Hypoxie oder einem "Mount Everest Milieu" in utero nicht die Rede sein kann. Freilich lebt der Fötus in einem Stadium kontinuierlicher Cyanose (EASTMAN 13) sogar einer Cyanose, wie sie selten in der Klinik gesehen wird und bei der der Patient mühsam nach Luft ringen würde, aber dieses "pathologische Wort" hat sich nur aus einer relativierenden Betrachtungsweise eingeschlichen, die meint, was dem Erwachsenen recht sei, müsse auch dem Föten billig sein.

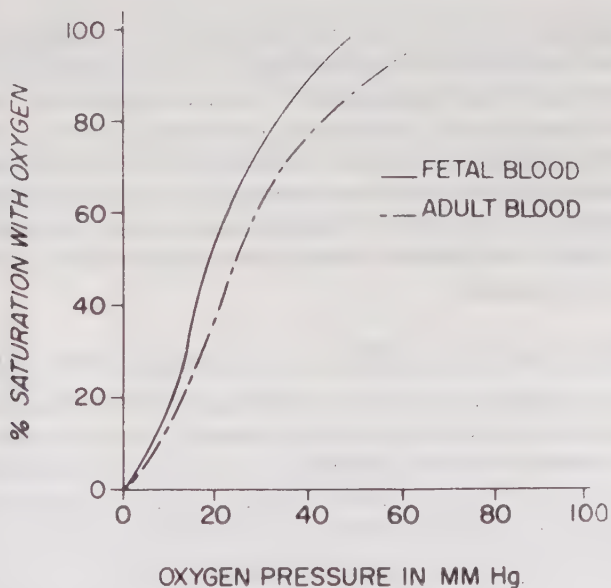


ABBILDUNG 24:

Die Sauerstoffdissoziationskurve des fötalen (ausgezogene Linie) und des erwachsenen (gestrichelt) Blutes (PRYSTOWSKY 32).

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Sauerstoffverhältnisse in utero sind bisher meist als ein Mangelzustand betrachtet worden. Wir haben die in der Literatur vorliegenden Ergebnisse mit unseren eigenen verglichen, die wir bei 113 Geburten gewonnen haben, und sie aus der Sicht des fötalen Sauerstoffbedarfes besprochen.

I.

A. NORMALE GEBURTEN

Bei 55 komplikationslosen Geburten wurde ein durchschnittlicher Sauerstoffgehalt von 8.53 Vol%, das ist eine Sättigung zu 38.8 %, im Blut der Nabelschnurvene gefunden. In der Nabelschnurarterie enthielt das Blut nur noch 3.78 Vol% Sauerstoff, was einer Sättigung zu 17.7 % entspricht. Die mittlere arterio-venöse Differenz betrug 5.01 Vol%, die Sauerstoffnutzung 53.7 %.

Das fötale Blut hatte in 109 Fällen eine Kapazität von rund 21.60 Vol% Sauerstoff.

Der Spielraum, in dem sich diese gemessenen Werte bewegen, ist allerdings sehr weit. Daher wurden die Faktoren erörtert, die dazu beitragen, und der Mittelwert aus den vielen Einzelergebnissen als der durchschnittliche aktuelle Sauerstoffgehalt nach und während der allerletzten Periode der Geburt, das heisst dieser betreffenden Geburten mit all ihren einmaligen Umständen, definiert.

Es wurde der Weg des Blutes durch den kindlichen Körper verfolgt und gezeigt, dass die Aorta descendens ein Blut mit nur 3.78 ccm Sauerstoff pro 100 ccm Blut führt. Der Sauerstoffverbrauch des Kindes in utero wurde auf 22 - 25 ccm je Minute geschätzt.

B. ZUSÄTZLICHE SAUERSTOFFATMUNG DER MUTTER

Von vielen Seiten wird eine Sauerstoffatmung der Mutter vor der Geburt gefordert. Jedoch konnte bei 31 normalen Geburten, unter denen die Mutter reinen Sauerstoff atmete, nur eine geringfügige Zunahme des Sauerstoffgehaltes in der Nabelschnurvene auf 9.36 Vol% und eine Sättigung von 43 % erzielt werden, während die Werte in der Nabelschnurarterie unverändert blieben.

Bei komplizierten Geburten versagte die Sauerstoffgabe vollkommen. Dies wurde an 10 Geburten demonstriert, bei denen trotz Sauerstoffapplikation nur eine Sauerstoffsättigung von 17.3 % im Blute der Nabelschnurvene erreicht werden konnte. Wo die Sauerstoffatmung notwendig wäre, ist sie wirkungslos, und wo sie einige Wirkung zeigt, ist sie im Grunde unnötig.

C. KOMPLIZIERTE GEBURTEN

Bei komplizierten Geburten ist das Kind auf ein äusserst niedriges Sauerstoffangebot angewiesen. Die Sauerstoffverhältnisse sind bei 6 Vakuumextraktionen und 2 Zangengeburt dargestellt und insgesamt 10 Geburten mit Asphyxie oder Cyanose des Kindes in einer Tabelle zusammengefasst worden. Dabei konnte festgestellt werden:

1. Eine erhebliche Sauerstoffmindersättigung von 15.4 % bei 3.41 Vol% Sauerstoffgehalt.
2. Das Blut der Nabelschnurarterie ist bei cyanotischen oder asphyktischen Kindern fast frei von Sauerstoff. Der Sauerstoffgehalt liegt zwischen 0.22 und 1.59 Vol%.
3. Die Sauerstoffnutzung ist stark erhöht und beträgt durchschnittlich 62.1 %.

Die jetzt noch dem Föten zur Verfügung stehende Sauerstoffmenge wurde auf 9.5 ccm geschätzt.

D. HERZ TÖNE

Veränderungen der kindlichen Herzfrequenz sind ein Zeichen intrauteriner Hypoxie. Dies wurde an 82 Fällen gezeigt. Der Sauerstoffgehalt war deutlich erniedrigt.

E. DAS ALTER DER MUTTER

Mit dem Alter der Mutter nimmt die Anoxiegefahr für das Kind zu. Bei Erstgebärenden über 30 Jahren fanden sich nur noch 5.39 Vol% Sauerstoff im Blut der Nabelschnurvene, während es bei Mehrgebärenden 9.48 Vol% waren.

F. AUSTREIBUNGSZEIT

Auch bei einer verlängerten Austreibungsperiode ist der Sauerstoffgehalt des Nabelschnurvenenblutes stark erniedrigt.

G. HÄMATOKRITUNTERSUCHUNGEN

Analog einer Bemerkung J. BARCROFT's (4) konnten in einem nabelfernen Segment der Nabelschnur in der Vene weniger korpuskuläre Bestandteile im Blut gefunden werden als in einem nabelnahen Segment. In der Arterie waren die Verhältnisse umgekehrt. In der Nabelschnurvene war ausserdem in fast allen Fällen der Hämatokritwert höher als in der Nabelschnurarterie.

Der Sauerstoffgehalt des Blutes der Nabelschnurvene steht in einer fast linearen Abhängigkeit von der Höhe des Hämatokritwertes.

H. DER KOHLENDIOXYDGEHALT

Der Kohlendioxydgehalt des Nabelschnurvenenblutes liegt bei 39.78 Vol%, der in der Arterie bei 43.20 Vol%. Einen Unterschied zwischen den Fällen mit und ohne zusätzlicher Sauerstoffatmung konnten wir nicht feststellen.

Bei asphyktischen oder cyanotischen Kindern scheint die CO_2 -Abgabe aus dem Blut gestört zu sein. Das Blut der Nabelschnurvene enthielt noch 40.79 Vol% CO_2 . In einigen Fällen, hauptsächlich bei sehr schwerer Asphyxie, war sein Kohlendioxydgehalt sogar höher als der des Blutes aus der Nabelschnurarterie, was die Frage nach einem umgekehrten Diffusionsgefälle von der Mutter zum Kind aufwirft.

Bei Kaiserschnitten lag der CO_2 -Gehalt höher als bei normalen Geburten, in der Arterie bei 46.53 Vol% und in der Vena bei 44.64 Vol%. Die durchschnittliche Differenz aber war wesentlich verringert.

II.

Sectio caesarea

A. Von Seiten des Kindes normale Fälle

Bei Kaiserschnitten ist der Sauerstoffgehalt der Nabelschnurgefäße erhöht. Im Blut der Vene betrug er 10.30 Vol% bei einer Sättigung zu 49.5 %. Vorangegangene Wehen hatten keinen Einfluss auf die Arterialisierung des kindlichen Blutes, wie HASELHORST und STROMBERGER (18) meinten; vor Wehenbeginn war sogar ein etwas höherer Sauerstoffgehalt zu messen. Das Blut in der Nabelschnurarterie zeigte dagegen einen gegenüber den normalen vaginalen Geburten verringerten Sauerstoffgehalt von 2.35 Vol% und 10 % Sättigung. Daraus folgt ein stark erhöhter Nutzungskoeffizient zu 77.7 %.

B. Fälle mit kindlicher Sauerstoffnot

Wurde die Sectio wegen Frequenzänderungen der kindlichen Herztöne durchgeführt, so war der Sauerstoffgehalt in der Nabelschnurvene erniedrigt. Bei noch stärkerer Schädigung des Kindes, bei Asphyxie oder Cyanose, enthielt das Nabelschnurvenenblut nur 4.85 Vol% Sauerstoff, das ist eine Sättigung zu 25 %. Dem Blut wurde fast der gesamte Sauerstoff entzogen, sogar noch in höherem Masse, als es bei den vaginalen gestörten Entbindungen der Fall war. Einmal betrug der Nutzungskoeffizient sogar 92.9 %.

Es liess sich daraus erkennen, dass bei Kaiserschnitten im allgemeinen keine so hohe Anoxie vorliegt, wie nach manchen vaginalen Geburten, und dass die Fähigkeit, den Sauerstoff zu nutzen, dem Kinde voll erhalten blieb, ja sogar extrem gesteigert werden konnte.

III.

Vor dem Hintergrund des eben geschilderten Sauerstoffangebotes an das Kind in utero wurden nun der Weg und die Art und Weise, wie der Sauerstoff in das fötale Blut gelangt, die Eigenschaften dieses und des mütterlichen Blutes und der fötale Sauerstoffverbrauch und Stoffwechsel erörtert. Auf Grund der dabei gewonnenen Einsichten und vor allem des sehr hohen Koeffizienten der Sauerstoffnutzung konnte gefolgert werden, dass dem Föten tatsächlich eine beträchtliche Menge Sauerstoff zur Verfügung steht, und dass von einer Hypoxie im pathologischen Sinne dieses Wortes gar nicht die Rede sein kann.

Zur Bestimmung der Fehlerbreite wurden mit dem manometrischen Blutgasapparat nach VAN SLIKE, der auch zu allen übrigen Untersuchungen benützt wurde, folgende Leeranalysen durchgeführt:

Blutprobe I	Sauerstoff	Kohlendioxyd
1. Analyse	5.49	29.88
2. Analyse	5.26	30.11
3. Analyse	5.25	29.50
4. Analyse	5.13	29.92
5. Analyse	5.16	29.90
6. Analyse	5.03	29.81
7. Analyse	4.86	29.39

Es ist von der 1. bis zur 7. Analyse eine Abnahme des Sauerstoffgehaltes im Blut zu erkennen. Zu einer Analyse braucht man 20 bis 30 Minuten, so dass das Blut der siebenten etwa 3 Stunden aufbewahrt werden musste. Dies konnte bei einer Untersuchungsreihe von Blut aus nur einer Spritze nicht im Kühlschrank geschehen, da diese immer wieder griffbereit sein musste. Es ist also damit zu rechnen, dass inzwischen Sauerstoff aus dem Blute verbraucht worden ist. Weitere Beispiele folgen.

Blutprobe II	Sauerstoff	Kohlendioxyd
1. Analyse	6.65	27.65
2. Analyse	6.43	27.82
3. Analyse	6.50	27.77
4. Analyse	6.35	27.83
5. Analyse	6.30	27.67

Blutprobe III

1. Analyse	12.77	20.41
2. Analyse	12.28	19.89
3. Analyse	12.86	19.94
4. Analyse	12.68	20.34

Blutprobe IV

1. Analyse	10.26	31.28
2. Analyse	10.29	31.23
3. Analyse	9.97	31.38
4. Analyse	9.97	30.56

Es sei mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Werner BICKENBACH für die liebenswürdige Überlassung des Themas und seine vielfachen Anregungen meinen ergebensten Dank auszusprechen. In seiner Klinik zu arbeiten, bedeutete für mich - ganz abgesehen von den grosszügig zur Verfügung gestellten Mitteln - nicht nur eine Bereicherung meiner geburtshilflichen Kenntnisse, sondern vor allem der Aufenthalt in einer angenehmen und liebgewonnen Umgebung war mir ein grosser Gewinn.

Auch Herrn Prof. Dr. Gerhard DÖRING sei herzlich gedankt, da er stets bereit war, mit mir die Probleme, die sich im Laufe dieser Arbeit ergaben, zu besprechen. Sein Rat hat mir viel geholfen.

Nicht zuletzt gehört mein Dank allen Ärzten, den Hebammen und den Schwestern des Hauses, deren Mithilfe mir erst die Ausführung der vorliegenden Untersuchungen ermöglichte.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Abderhalden, E. (1934) Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden.
Abt. V, Teil 10, Heft 2
- 2) Assali, N.S. (1953) Measurement of uterine blood flow and uterine metabolism. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 66, S. 248
- 3) Barcroft, J. und Haldane, J.S. (1902) A method of estimating the oxygen and the carbonic acid in small quantities of blood. Journ. Physiol. Bd. 28, S. 232
- 4) Barcroft, J. (1947) Researches of prenatal life. Springfield - Illinois
- 5) Barcroft, J. (1940) J. Physiol. Bd. 97, S. 347
- 6) Bell, W.B. (1928) Brit. M. J. Bd. 1, S. 126
- 7) Bidone, M. (1937) Il contenuto in ossigeno ed acido carbonico del sangue dei vasi ombelicali del feto umano. Ann. di Ostet. e Genic. Bd. 53, S. 197
- 8) Clemetson und Churchman (1953) J. Obstet. u. Gynaec. Brit. Emp. Bd. 60, S. 335
- 9) Comroe, J.H. und Walker, P. (1948) Normal arterial oxygen saturation. Am. J. of Physiol. Bd. 152, S. 365
- 10) Crehan, E.L. u. a. (1950) A study of oxygen saturation of the arterial blood of normal newborn infants by means of modified photoelectric oximeter. Staff. Meet. Mayo Clinic Bd. 25, S. 392
- 11) Dieckman und Kramer (1944) Serial studies of oxygen and carbon dioxide content of human cord blood. Proc. Soc. Exp. Biol. u. Med. Bd. 55, S. 242
- 12) Döring, G: nach einer mündlichen Mitteilung
- 13) Eastman, N.J. (1954) Mount Everest in utero. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 67, S. 701
- 14) Eastman, N.J. (1930) Bull. Johns Hopk. Hosp. Bd. 47, S. 221
- 15) Eastman, N.J. (1955) Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 70, S. 799 (Discussion)
- 16) Eastman, N.J. (1933) Bull. Johns Hopk. Hosp. Bd. 53, S. 246
- 17) Goldbloom, A. (1930) Icterus neonatorum: Oxygen capacity and saturation of mother and fetus. J. Clin. Invest. Bd. 9, S. 139

- 18) Haselhorst und Stromberger, K. (1931) Über den Gasgehalt des Nabelschnurblutes vor und nach der Geburt des Kindes und über den Gasaustausch in der Plazenta. Ztschrft. f. Geburtsh. u. Gynäk. Bd. 100, S. 48
Ztschrft. f. Geburtsh. und Gynäk. Bd. 98, S. 49 (1930)
- 19) Himwitch, H.E. (1941) Effects of cyanide and iodoacetata on survival period of infant rats. Proc. Soc. Exper. Biol. u. Med. Bd. 46, S. 553
- 20) James, L.S. (1958) J. Pediat. Bd. 52, S. 379
- 21) Kaiser, I.H. (1959) The measurment of fetal oxygen. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 77, S. 1120
- 22) Lund. (1940) Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 40, S. 946
- 23) Mac Clure Browne (1953) The maternal placental bloodflow in normotensive and hypertensive mothers. J. Obst. u. Gynaec. Brit. Emp. Bd. 60, S. 141
- 24) Mac Clure Browne, J.C. u.a. (1958) Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 78, S. 696
- 25) Mac Kay, R.B. (1957) Observations on the oxygenation of the fetus in normal and abnormal prgnancy. J. Obst. u. Gynaec. Brit. Emp. Bd. 64, S. 185
- 26) Mathes, K. (1934) Über den Einfluss der Atmung auf die Sauerstoffsättigung des Arterienblutes. Arch. f. exp. Path. u. Pharmakol. Bd. 176, S. 683
- 27) Meldrum, N.H. (1933) J. Physiol. Bd. 80, S. 113
- 28) Metcalfe, P. (1953) J. Clin. Invest. Bd. 31, S. 589
- 29) Montgomery, T. (1956) Oxygen saturation determinations of the newborn in vaginal delivery and cesarean sectio. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 71, S. 1
- 30) Noguchi, M. (1936) A study on the gases in the umbilical blood. Jap. J. Obst. u. Gynec. Bd. 19, S. 328
- 31) Potter, E.L. (1943) Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 45, S. 1054
- 32) Prystowsky, H. (1957) The oxygen pressure gradient between the maternal and fetal blood of the human in normal and abnormal pregnancy. Bull. Johns Hopk. Hosp. Bd. 101, S. 48
- 33) Prystowsky, H. (1959) A comparative study of the oxygen dissociation curve of non-prgnant, pregnant and fetal blood. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 78, S. 489
- 34) Prystowsky, H. (1959) Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 78, S. 483

- 35) Quilligan, E.J. und Vasicka, A. (1960) Partial pressure of oxygen in the intervillous space and the umbilical vessels. *Am. J. Obst. u. Gynec.* Bd. 79, S. 1048
- 36) Rein, H. *Physiologie des Menschen* (1955) Springer - Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg
- 37) Romney, L. Seymour (1955) Oxygen utilisation by human fetus in utero. *Am. J. Obst. u. Gynec.* Bd. 70, S. 791
- 38) Rooth, G. und Sjöstedt, S. (1955) Oxygen saturation in the umbilical vessels. *Acta Obst. u. Gynec. Scand.* Bd. 34, S. 442
- 39) Schreiber (1940) Neurologic sequelae of paranatal asphyxia. *J. Pediat.* Bd. 16, S. 297
- 40) Sjöstedt, S. u. a. (1958) The oxygen tension in the amniotic fluid. *Am. J. Obst. u. Gynec.* Bd. 76, S. 1226
- 41) Sjöstedt, S. u. a. (1960) The oxygen tension of the blood in the umbilical cord and the intervillous space. *Arch. Dis. Child.* Bd. 35, S. 184
- 42) Smith, C.A. (1939) The effect of obstetrical an esthesia upon the oxygenation of maternal and fetal blood with particular reference to cyclopropane. *Surg. Gynec. Obst.* Bd. 69, S. 584
- 43) Smith, C.A. (1946) *The pysiology of the newborn infant.* Springfield, Illinois, U.S.A.
- 44) Taylor, St. (1951) Oxygen saturation of the blood of the newborn as affected by maternal anesthesia agents. *Am. J. Obst. u. Gynec.* Bd. 61, S. 840
- 45) Turnbull, E.P.N. (1957) Maternal age and foetal oxygenation. *Brit. Med. J.* Bd. 2, S. 1021
- 46) Tyler, D.B. (1942) Respiration of developing brain. *Am. J. Physiol.* Bd. 136, S. 600
- 47) Van Slyke, D.D. und Neill, J.M. (1924) The determination of gases in blood or other solutions by vacuum extraction and manumetric measurment. I. *Journ. Biol. Chem.* Bd. 61, S. 523
- 48) Vasicka, A. u. a. (1960) Oxygen tension in maternal and fetal blood, amniotic fluid and cerebrospinal fluid of the mother and the baby. *Am. J. Obst. u. Gynec.* Bd. 79, S. 1041
- 49) Vिलlee, C. A. (1953) The intermediary metabolisme of human fetal tissues. *J. Biol. Chem.* Bd. 205, S. 113

- 50) Walker, J. (1953) und Turnbull, E.P.N.: Hämoglobin and red cells of the human foetus. Lancet, Bd. 2, S. 312
- 51) Walker, J. (1954) Foetal anoxie. J. Obst. u. Gynec. Brit. Emp. Bd. 61, S. 162
- 52) Walker, J. (1958) Prolonged pregnancy syndrome. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 76, S. 1231
- 53) Watts, J. (1951) Oxygen studies of the arterial blood in newborn infants. Am. J. Obst. u. Gynec. Bd. 61, S. 1025
- 54) Wilson, R. A. u. a. (1937) Initiation of respiration in asphyxia neonatorum. Surg. Gynec. Obst. Bd. 65, S. 601
- 55) Wulf, H. (1959) Zur Diagnose der Neugeborenenapnoe. Ztschrift. f. Geburtsh. Bd. 152, S. 98
- 56) Yandell Henderson, zit. nach Eastman bei Taylor (44)

L E B E N S L A U F

Am 28. Mai 1937 wurde ich als Sohn des Arztes Dr. med. Andreas BRECH und seiner Ehefrau Emma, geb. Köhler, in Schweinfurt am Main geboren.

Meine Kindheit verbrachte ich in Schweinfurt, dem Wohnsitz meiner Eltern. Nach vierjähriger Volksschulzeit von 1943 bis 1947 in Gauting bei München und Schweinfurt besuchte ich zunächst zwei Jahre, vom 1. Sept. 1947 bis 13. Juli 1949, das humanistische Gymnasium in Münnerstadt. Ab 1. Sept. 1949 wurde ich in der gleichen Schule in Schweinfurt unterrichtet, wo ich am 19. Juni 1956 die Reifeprüfung ablegte.

Vom Wintersemester 1956/57 an studierte ich an der Universität München Medizin. Nach bestandener ärztlicher Vorprüfung am 24. Febr. 1959 war ich zwei Semester lang an der medizinischen Fakultät der Universität Wien immatrikuliert und zwar vom 9. März 1959 bis zum 31. Jan. 1960. Mit dem Sommersemester 1960 setzte ich in München mein Studium fort, wo ich, nach dem 11. Semester, die ärztliche Staatsprüfung abgelegt habe.

